UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1965 Série U — N° 415

VIN DE BOURGUEIL ET FERMENTATION MALO-LACTIQUE

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la Faculté de Pharmacie de l'Université de Paris

POUR L'OBTENTION DU TITRE DE

Docteur de l'Université de Paris

(MENTION PHARMACIE)

Soutenue le jeudi 17 Juin 1965

PAR

Jean LEFÈVRE

Pharmacien diplômé de la Faculté de Paris

Œnologue

JURY
- Monsieur le Professeur MALANGEAU, *Président*
- Monsieur le Professeur DELAVEAU
- Monsieur le Professeur GARESTIER

PARIS

JOUVE, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1965

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546825_0079

FACULTÉ DE PHARMACIE DE PARIS

Nom du Candidat : **LEFÈVRE Jean**

Date de la soutenance : 17 Juin 1965

Numéro d'ordre : N° 415

1

LEFÈVRE (Jean). — Vin de Bourgueil et fermentation malolactique. — *Paris*, Jouve, édit., 1965, 62 pages.

Th. Doct. Univ. Pharm. Paris, 1965, N° 415.

2

LEFÈVRE (Jean). — Vin de Bourgueil et fermentation malolactique. — *Paris*, Jouve, édit., 1965, 62 pages.

Th. Doct. Univ. Pharm. Paris, 1965, N° 415.

3

LEFÈVRE (Jean). — Vin de Bourgueil et fermentation malolactique. — *Paris*, Jouve, édit., 1965, 62 pages.

Th. Doct. Univ. Pharm. Paris, 1965, N° 415.

4

LEFÈVRE (Jean). — Vin de Bourgueil et fermentation malolactique. — *Paris*, Jouve, édit., 1965, 62 pages.

Th. Doct. Univ. Pharm. Paris, 1965, N° 415.

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1965 Série U — N° 415

VIN DE BOURGUEIL ET FERMENTATION MALO-LACTIQUE

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la Faculté de Pharmacie
de l'Université de Paris

POUR L'OBTENTION DU TITRE DE

Docteur de l'Université de Paris
(MENTION PHARMACIE)

Soutenue le jeudi 17 Juin 1965

PAR

Jean LEFÈVRE
Pharmacien diplômé de la Faculté de Paris
Œnologue

JURY
Monsieur le Professeur MALANGEAU, *Président*
Monsieur le Professeur DELAVEAU
Monsieur le Professeur GARESTIER

PARIS
JOUVE, ÉDITEURS
15, RUE RACINE, 15

1965

PERSONNEL DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE PARIS

ADMINISTRATION

M. G. VALETTE	Doyen, O ✻, O 🏛, C ✪.
M. M.M. JANOT	Assesseur, O ✻, C ✪.
M. P. MALANGEAU	Assesseur, O ✪.
M. L. RODINEAU	Secrétaire Général, ✻, O ✪.
Mme S. FERRARI	Attachée Principale, ✪.
Mme M. L. ESPINASSE	Attachée, O ✪.
M. L. JEANDEL	Attaché, O ✪.
Mme C. PEILLON	Attachée.
M. A. BRENN	Attaché, ✻.
Mlle G. BIDEAU	Secrétaire.
Mme S. CERTAIN	Secrétaire, O ✪.
Mme M. COUSIN	Secrétaire.
M. A. DROUILLY	Secrétaire, O ✪.
Mme T. ROUVEURE	Secrétaire.
Mme L. WARNESSON	Secrétaire, ✪.

DOYEN HONORAIRE

M. R. FABRE	Membre de l'Institut, C ✻, C ✪.

PROFESSEURS HONORAIRES

M. M. DELEPINE	Membre de l'Institut, C ✻, C ✪.
M. L. LAUNOY	O ✻, O ✪.
M. P. FLEURY	O ✻, C ✪.
M. M. PICON	O ✻, O ✪.
M. C. BEDEL	✻, O ✪.
M. R. FABRE	Membre de l'Institut C ✻, C ✪.

PROFESSEURS

M. M. M. JANOT, O ✻, C ✪	Pharmacie galénique (T).
M. G. VALETTE, O ✻, O 🏛, C ✪	Pharmacodynamie (T).
M. R. PARIS, ✻, O ✪	Histoire naturelle des médicaments simples d'origine végétale (T).
M. M. GUILLOT, ✻, O ✪	Physique (T).
M. J. A. GAUTIER, ✻, O ✪	Chimie organique (T).
Mlle S. LAMBIN, ✻, O ✪	Microbiologie (T).
M. Y. RAOUL, ✻, O ✪	Physiologie (T).
M. J. COURTOIS, ✻, O ✪	Chimie biologique (T).
M. L. DOMANGE, ✻, C ✪	Chimie minérale (T).

M. P. CRETE, ✻, O Q	Botanique (T).
M. R. TRUHAUT, O ✻, O Q	Toxicologie et Hygiène industrielle (T).
M. A. MORETTE, ✻, O Q	Hydrologie (T).
M. R. CAVIER, O Q	Parasitologie (T).
M. A. QUEVAUVILLER, ✻, O Q	Hygiène et Education Sanitaire (T).
M. R. MOREAU, ✻, O Q	Pharmacie chimique (T).
M. A. GERMAN, O Q	Virologie et Sérologie (T).
M. M. PIETTE, ✻, O Q	Biologie sanguine (T).
M. P. MALANGEAU, O Q	Chimie analytique (T).
M. M. GIRARD, O Q	Biochimie appliquée (T).
M. G. DILLEMANN	Législation, Déontologie et Histoire de la Pharmacie (T).
M. G. DEYSSON, O Q	Cytologie végétale (T).
M. J. FLAHAUT, Q	Minéralogie (T).
M. C. BOUDENE	Toxicologie et Hygiène industrielle (T).
M. J. RENAULT, Q	Chimie organique (T).
M. A. LE HIR	Pharmacie galénique.
M. P. LARUELLE	Physique.
M. P. ROSSIGNOL	Pharmacodynamie.
M. A. MANGEOT, O Q	Pharmacie galénique industrielle.
M. P. DELAVEAU	Matière médicale.
M. Y. COHEN	Sciences naturelles.
M. H. RENAULT	Physique.

MAITRES DE CONFÉRENCES

M. R. BOURDON	Chimie analytique.
M. G. LE MOAN	Sciences appliquées.
M. C. PAOLETTI	Sciences appliquées.
M. P. REYNAUD	Sciences physico-chimiques.
M. J. POISSON	Sciences naturelles.
M. A. DESVIGNES, Q	Cryptogamie et technique bactériologique.
M. F. PERCHERON	Sciences appliquées.
M. J. SAVEL	Biologie animale.
M. J. BORY, Q	Sciences naturelles.
M. M. MIOCQUE	Chimie organique.
M. J. L. GUIGNARD	Botanique générale.
M. J. C. GOUNELLE	Sciences naturelles.
M. P. BINET	Biologie animale et Zoologie.
M. C. COMBET-FARNOUX	Chimie organique.
Mme M. PLAT	Sciences appliquées.
M. E. DELACOUX	Sciences physico-chimiques.
M. J. DIDRY (F. F.)	Mathématiques appliquées aux Sciences expérimentales.

CHEFS DE TRAVAUX PRATIQUES

Mme J. BLANC (F. F.)	Chimie analyses (1re année N.).
M. A. CARLIER (F. F.)	C. E. S. Pharmacie galénique Industrielle.
M. J. CHARLES (F. F.)	Mathématiques.
M. C. DAGRON (F. F.)	Chimie préparations (1re année N.).

Mlle M. T. DECAUDIN (F. F.)	Biologie animale (3e année).
M. C. DREUX (F. F.)	C. E. S. Electrochimie appliquée à l'analyse.
Mlle G. DUMANT (F. F.)	Chimie préparations (1re année N.).
M. P. GEORGES (F. F.)	C. E. S. Parasitologie.
M. P. GESTEAU, *, O ✪.....	C. E. S. Biochimie.
Mlle M. J. GOURSAT (F. F.)	Chaire de botanique.
M. H. GUERIN, *, O ✪	Biologie végétale (3e année).
M. M. GUERNET	Chimie (2e et 3e années).
M. M. HAMON (F. F.)	Chimie analyses (1re année N.).
M. J. HARISPE, O ✪	Chimie préparations (1re année).
M. G. HAZEBROUCQ (F. F.)	Physique.
M. J. HENRY	Chimie (4e année).
Mme J. HUBERT	C. E. S. Bactériologie.
Mme M. J. HURON (F. F.).....	Mathématiques.
Mlle Y. JUND	C. E. S. Microbiologie.
M. M. LEBŒUF (F. F.).....	C. E. S. Pharmacotechnie.
Mme N. LÉGER (F. F.)	Zoologie.
M. R. LELUC	Microbiologie (4e année).
M. A. LEMONNIER	Chimie analyses (2e et 3e années).
Mme S. LEMONTEY	Chimie (4e année).
Mlle M. LONGEVIALLE (F. F.)	Chaire de botanique.
Mlle S. LONGUEVALLE, O ✪	Chimie examens.
M. J. MANDEREAU (F. F.)	C. E. S. Pharmacotechnie.
M. H. MARTIN FRERE (F. F.).....	Chimie préparations (1re année N.).
Mlle H. MORIN, O ✪	C. E. S. Pharmacodynamie.
M. H. MOSKOWITZ (F. F.)	Chimie analyses (1re année N.).
Mme M. J. NOTTEGHEN (F. F.) ...	Zoologie.
M. NGUYEN PHU LICH	C. E. S. Toxicologie.
M. M. PARIS (F. F.)	C. E. S. Analyse appliquée au contrôle des médicaments (Biologie).
M. R. PERLES.....	C. E. S. Biochimie.
M. J. PESTIS (F. F.)	Biologie animale (2e année).
M. P. POULLAIN	C. E. S. Hématologie.
M. J. RIVET (F. F.)	Chaire de Physique.
Mme M. ROBERT	C. E. S. Sérologie.
Mlle A. ROLLEN, *, O ✪	Biologie végétale (2e année).
Mlle L. SEGUIN, O ✪, (F. F.)	C. E. S. Analyse appliquée au contrôle des médicaments (Physico-Chimie).
Mme M. SEILLER (F. F.)	Pharmacie galénique industrielle.
M. J. YONGER (F. F.)	Chimie analyses (1re année).

BIBLIOTHÈQUE

Mlle Y. RUYSSEN, *, O ✪	Conservateur, chargée de la Direction.
Mlle S. LAVAUD, *, O ✪	Conservateur.
Mme G. KREHMER, O ✪	Conservateur.
Mme A. DESGRIPPES, O ✪	Bibliothécaire.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MA FEMME

A MES ENFANTS

A MA MÈRE

Je dédie ce modeste travail avec toute mon affection.

A MA FAMILLE

A MES AMIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur P. MALANGEAU

Professeur de Chimie Analytique
à la Faculté de Pharmacie de Paris

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

A NOS JUGES

Monsieur le Professeur P. DELAVEAU

Professeur de Matière Médicale
à la Faculté de Pharmacie de Paris

Qui a bien voulu nous faire l'honneur de siéger dans notre jury de thèse, nous adressons nos plus vifs remerciements.

Monsieur le Professeur R. GARESTIER

Professeur de Biologie Végétale
à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Tours

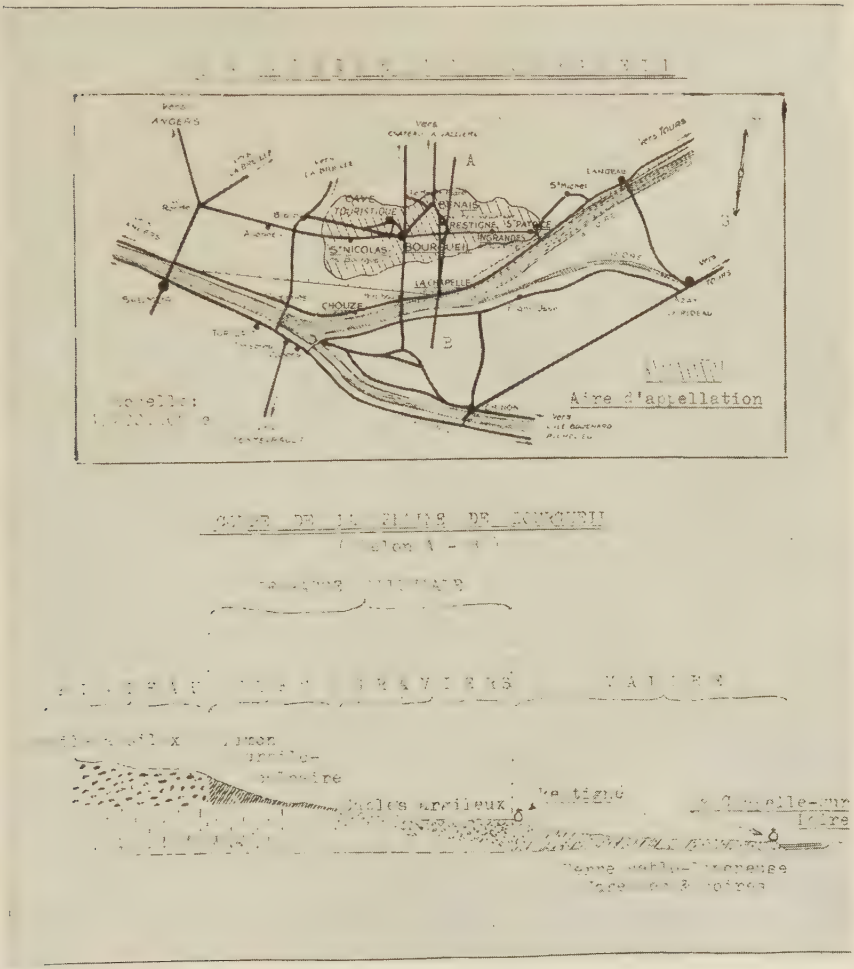
Qui nous a inspiré le sujet de cette thèse. Nous avons trouvé en lui un Maître bienveillant qui nous a fait bénéficier de son expérience et de ses conseils et qui, pour nous guider, n'a jamais ménagé ni son temps ni sa peine. Nous le prions de croire à notre profonde reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR ARON

Doyen de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Tours
Professeur de Clinique Médicale

Qui nous a fait l'honneur de nous accueillir dans son établissement. Avec notre profonde gratitude.

I. — LA RÉGION DE BOURGUEIL



Cliché n° 1

A. — Limites géographiques

Le terroir de Bourgueil se situe aux confins de la Touraine et de l'Anjou. La plaine prend naissance de l'épanouissement du Val de Loire à la hauteur de Saint-Patrice et se poursuit à l'ouest sur une vingtaine

de kilomètres jusqu'à Saint-Nicolas-de-Bourgueil, limite conventionnelle entre les deux provinces.

Cette plaine est limitée au sud par la Loire contenue par une solide levée ; la première, née de la charte promulguée en 1160 par Henri II Plantagenet, fut élevée au début du XIII^e siècle ; elle porte aussi le nom de « turcie » (5).

La plaine s'appuie au nord sur une ligne sinueuse de côteaux crayeux recouverts de landes et de forêts où le pin sylvestre domine.

Sa superficie est d'environ 18 366 ha.

B. — Nature et formation du sol

1° Nature du sol :

Du sud au nord se succèdent trois zones parallèles :

a) La partie basse de la vallée d'une hauteur moyenne de 34 à 36 m : c'est un sol alluvial récent, sillonné de traînées d'eaux dormantes, dénommées « boires ».

Ces alluvions modernes sont composées de sables purs avec une plus ou moins forte proportion d'humus et de limons siliceux. Les parties les plus riches portent le nom de « varennes » sur lesquelles émergent de-ci de-là des îlots d'alluvions anciennes qui ont résisté à l'action érosive du fleuve au cours des siècles.

b) La partie la plus haute est un plateau composé d'argile à silex et d'une hauteur moyenne de 120 à 125 m. Sa carapace siliceuse pratiquement imperméable est recouverte de bois, de landes et d'étangs.

c) Entre ces deux zones s'étale la terrasse alluviale plus ancienne (hauteur 48 à 55 m) large de 3 à 4 km qui se prolonge vers le nord par un côteau aux pentes adoucies.

Le sol est constitué par un remblaiement de sables et de graviers grossiers, d'autant plus caillouteux qu'on se rapproche de la basse plaine : c'est la zone des « graviers ».

Plus haut, vers le côteau, la zone caillouteuse fait place à des sables argileux ; ces limons argilo-calcaires reposent sur un sous-sol de craie tuffeau. Ce tuffeau a drainé les couches supérieures sédimentaires et leur a cédé lors de leur dépôt une importante proportion de galets et de graviers calcaires.

Le terrain est ainsi suffisamment aéré et de par son inclinaison ne retient d'humidité que ce qui est utile à la bonne venue de la vigne.

Ce dernier facteur est très important, car les sols secs emmagasinent mieux la chaleur solaire que les sols humides.

Ces terrains sont appelés localement « tufs ». La terrasse alluviale est donc la zone de prédilection du vignoble, et qu'il s'agisse des « graviers » ou des « tufs », ces terrains en exposition plein midi sont particulièrement propices à la production d'une excellente qualité : ne renferment-ils pas en effet l'argile qui donne au vin ce goût de terroir si caractéristique, la silice qui agit sur la légèreté, le bouquet et les qualités brillantes, le calcaire enfin, qui par la chaleur emmagasinée, alliée à la douceur lumineuse du pays, assure le degré alcoolique.

La vigne occupe environ 18 % de la surface cultivée de la vallée, soit 950 ha.

2° Formation du sol :

Elle se rattache à l'édification du Bassin Parisien. « A l'époque miocène un ennoyage assez étendu s'est produit dans le Massif Armoricain et a permis à la Mer de l'Helvétien (Mer des Faluns) de pénétrer jusqu'au delà de Blois, dans la direction d'Orléans, dans le Bassin Parisien, en un golf qui plus réduit au Miocène supérieur, a été l'ébauche de la Loire actuelle » (2).

Entre les vastes contreforts du Massif Central et du Massif Armoricain, sur le fond de la cuvette, sont venus se superposer les étages du Jurassique et du Crétacé (Turonien) auxquels se sont ajoutés la molasse marine de l'Eocène, les calcaires lacustres de l'Oligocène, les faluns miocènes.

A partir du Miocène, la Loire et ses affluents ont taillé successivement la couche turonienne, atteint la couche cénomanienne et déblayé le jurassique, tout en édifiant deux couches alluvionnaires.

Ce fut donc à la fois « un travail de destruction et d'édification » (32).

Les sables fluviatiles se sont accumulés sur le socle cénomanien dont l'altitude est le niveau actuel de l'étiage de la Loire.

Les divagations du fleuve lors de ses crues ont amenuisé peu à peu les restes d'alluvions anciennes éparses au milieu des alluvions modernes.

C. — Climat

La situation géographique de la plaine de Bourgueil, encore assez proche de la mer, lui permet de bénéficier d'un climat privilégié.

L'hiver est rarement rigoureux ; le printemps tempéré permet des départs faciles et précoces de végétation ; l'été est chaud, avec un ciel d'une incomparable luminosité, luminosité reflétée par la blancheur de la craie tuffeau qui se trouve partout à l'état de dénudation au flanc du côteau ; l'automne est le plus souvent d'une douceur remarquable.

Toutes ces saisons sont dominées par un influx atmosphérique atlantique. Les vents d'ouest sont en effet dominants et leurs souffles qui ne

rencontrent aucun obstacle de relief, apportent la douceur marine sur toute la région.

Des végétaux d'origine méridionale s'y plaisent (camélias, citronniers, mimosas, cyprès, palmiers). On a pu noter la présence de cigales sur le versant nord exposé au soleil du midi.

La plaine de Bourgueil n'a-t-elle pas été comparée à « une clairière provençale en terre ligérienne » (33). Les vents froids venant du nord et du nord-est sont atténués par la ligne de côteau abritant la vallée.

Pour ces mêmes raisons, la pluviosité est plus faible dans la région de Bourgueil que dans des régions voisines. Ainsi, à Langeais (20 km à l'est de Bourgueil) en moyenne 682 mm de pluie pour 557 mm seulement à Bourgueil. Les mois les plus chauds de l'année sont juin, juillet et août, la température ne se refroidissant vraiment qu'à partir du 15-20 octobre ; septembre, souvent très ensoleillé, assure une parfaite maturation du raisin. La partie du Val où est implanté le vignoble, est la région où la température moyenne réelle du semestre avril-septembre s'élève jusqu'à 16°.

Moyennes des températures du semestre avril-septembre relevées a Port-d'Ableuvois à la Station Météorologique tenue par M. Madrelle, Instituteur Honoraire, correspondant de l'O. N. M.

Altitude de la Station : 33,30 m
2° 9′ 9″ Longitude ouest de Paris
47° 14′ 24″ Latitude nord

lors des années 1925 à 1944

1925	14° 45	1931	15° 11	1937	16° 79
1926	15° 98	1932	15° 97	1938	15° 36
1927	15° 74	1933	16° 80	1941	15° 60
1928	16° 59	1934	17° 18	1942	16° 64
1929	17°	1935	16° 14	1943	17° 26
1930	16°	1936	15° 75	1944	16° 28

Mais la nature a ses colères et des gelées de printemps portent quelquefois un préjudice aux récoltes, préjudice d'autant plus important que la végétation est précoce. Les vignerons redoutent également les grêles d'été qui surviennent si brutalement et dont l'effet dévastateur n'est plus à dire.

Mais en dehors de ces accidents, heureusement assez rares le climat est sans surprise et sans brutalité, d'une douceur légendaire chantée par Du Bellay ; il réunit toutes les conditions indispensables à la production d'un noble et grand VIN.

II. — LE VIGNOBLE

A. — Origine du cépage

L'origine des vignes en Touraine est très lointaine. On en signale dès 380 à Marmoutiers près de Tours et en 592 sur les collines d'Arciacum (Ste-Maure).

Le cépage cultivé à Bourgueil est un cabernet franc que l'on appelle localement « Breton ». Sa culture est très ancienne. Son introduction a donné lieu à diverses versions : il vient de Bourgogne pour les uns, ce qui est peu vraisemblable ; d'Aquitaine pour d'autres, ce qui paraîtrait plus conforme à la réalité (c'est l'un des cépages fins des graves du Bordelais).

Quoi qu'il en soit, l'Abbaye de Bourgueil a eu une influence certaine en ce qui concerne l'implantation puis l'extension du vignoble. Dès la fin du XI^e siècle, Baudry, Abbé de Bourgueil, portait beaucoup de soins à la vigne cultivée dans son clos et vantait à ses amis la qualité du vin obtenu « Si j'ai quelque bon vin en réserve, je vous le donnerai ; ce vin réjouit les cœurs tristes » . Au début du XV^e siècle, la réfection de voûtes de l'église abbatiale ne fut-elle pas l'objet d'un marché stipulant le règlement en argent et en vin ! Rabelais chanta le « breton » : « Par ma barbe » fait-il dire à Grangousier parlant à Gargantua, « pour un bussart tu auras soixante pipes, j'entends de ce bon vin breton, lequel poinct ne croist en bretaigne, mais en ce bon pays de Véron » (23).

Le vignoble fut dévasté par le phylloxéra en 1886 et reconstitué. Le porte-greffe qui semble le mieux adapté au sol est le Riparia-rupestris 3309, vigoureux, résistant très bien au calcaire (jusqu'à 20 à 25 %).

L'angle de géotropisme des racines est de 45° ce qui convient particulièrement au sol caillouteux.

Le greffage n'a pas atteint la qualité ni modifié la production : les grappes sont moyennes, les grains petits, peu serrés, le rendement honnête. Malheureusement la maturité est assez tardive (2^e époque).

B. — Aire de production du cépage

Comme pour toutes les appellations contrôlées, les terrains à planter sont délimités.

Suite au décret du 31 juillet 1937, une commission a fonctionné à Bourgueil du 8 au 12 août 1938 pour fixer les parcelles autorisées à bénéficier de l'appellation. L'article I du décret précité précisait « ... seront exclues de l'aire de production les parties de Communes ou parcelles assises sur alluvions modernes ».

La commission rencontra alors un certain nombre de difficultés, car des vignes que l'on supposait plantées sur alluvions récentes donnaient des vins dont la qualité et la réputation étaient indéniables.

Une étude plus approfondie de ces terrains permit de retrouver là des îlots d'alluvions anciennes émergeant légèrement des varennes et correspondant à d'anciennes îles du lit majeur de la Loire. Le décret de 1937 a été rectifié et complété par ceux du 24 août 1961 et du 24 novembre 1962.

C. — Pratique culturale

Autrefois les rangs de vigne étaient espacés (jusqu'à 3 m). La vigne était alors fixée sur de longs échalas et l'on pratiquait dans l'intervalle de ces rangs des cultures riches et spécialisées adaptées à la nature du sol, plus particulièrement la pomme de terre, l'asperge et les haricots verts. Une production non négligeable fut aussi celle des graines potagères, oignons entre autres, qui étaient expédiées encore au XVIII^{e} siècle en Flandre et dans les Pays-Bas.

La densité de la population était assez forte, car ces cultures exigeaient une importante main-d'œuvre, composée de journaliers appelés « bêcheurs ».

Dès 1882, lors de l'apparition du phylloxéra, le vignoble a été progressivement reconstitué avec les plants greffés.

L'ordonnance du vignoble actuel consiste en rangs espacés d'environ 1,80 m à 2 m (avec pieds tous les 0,70 m à 0,80 m) disposés en ligne et donnant au paysage un aspect particulièrement bien ordonné.

Les rameaux sont fixés sur des fils de fer qui relient des piquets de bois ou d'ardoise nous rappelant la région proche de Trélazé.

Les principaux travaux consistent après les vendanges en un labour dit de « chaussage ». Janvier et février sont les mois de la taille, qui est réglementée pour le carbernet franc : c'est la taille « Guyot », qui consiste à laisser un long bois ou « vinée » portant 7 ou 8 yeux francs au maximum, et un courson ou « poussier » portant 2 yeux francs. Ces 2 yeux donneront 2 rameaux, le supérieur étant gardé comme long bois l'année suivante, et l'inférieur taillé à 2 yeux donnant le nouveau courson.

En imposant cette taille, le législateur a voulu limiter à 40 hl/ha la production.

Au printemps, nouveau labour, cette fois de « déchaussage » puis « décavaillonnage » pour dégager le pied des ceps.

La floraison a lieu fin mai-début juin, et pendant cette période qui n'excède guère une semaine, se produit la fécondation qui conditionne l'importance de la récolte. Le temps qu'il fait à cette époque est capital : les pluies, les brouillards et le froid sont particulièrement redoutés, et peuvent occasionner coulure et millerandage. Un « épamprage » élimine ensuite les rameaux végétatifs inutiles.

Quand le grain change de couleur, on dit qu'il « verdèle » ; c'est à partir de ce moment que le sucre apparaît dans la baie.

En fin de saison, on pratique souvent des « rognages » qui en supprimant les têtes des jeunes rameaux, favorisent une meilleure pénétration des rayons solaires, et réservent une plus grande quantité de sève aux fruits. Pendant ces stades successifs de la végétation de la vigne, sont pratiqués régulièrement des traitements anticryptogamiques et des apports fertilisants d'engrais et de fumure.

D. — Vinification

Les méthodes restent traditionnelles.

Le raisin sitôt coupé est soumis à un égrappage intégral au bout des vignes dans le but d'enlever de l'âpreté au futur vin et un excès de tannin. « On râpe » sur des claies disposées au-dessus de tonneaux ouverts ou « gueulbées ».

La vendange emmenée au cellier est ainsi complètement débarrassée des rafles.

Puis on pratique un foulage, le plus souvent mécanique, destiné à éclater le grain et libérer le jus.

Dans certaines exploitations ces opérations sont simplifiées par l'emploi de fouloirs-égrappoirs électriques munis de pompes qui envoient directement le moût dans les cuves de fermentation.

Alors commence le cuvage. Il s'effectue quelquefois dans des cuves en ciment pratiquement closes ou dans des foudres de bois et bien souvent encore dans des cuves ouvertes.

Le sulfitage à la cuve n'est pas systématique, et pour certains constitue une pratique récente.

Le cuvage est à chapeau flottant ou submergé, et des remontages sont pratiqués au cours de la fermentation ; leur nombre est variable selon les années et dépend essentiellement de la qualité de la vendange et des conditions atmosphériques.

Le décuvage s'effectue au bout d'une huitaine de jours et donne ce que l'on appelle « le jus de goutte ». Puis les marcs sont aussitôt pressurés et on en extrait le vin dit de « presse » qui après sulfitage convenable est mélangé au « vin de goutte » à l'occasion d'un soutirage. Ces soutirages

sont au nombre de 2 ou 3, le dernier dit de printemps a lieu fin mars-début avril, après un essai préalable de tenue à l'air.

Les vins ne sont pas commercialisés avant un an, et quelquefois deux années de vieillissement en fût sont nécessaires pour bien « dépouiller » le « Berton », c'est-à-dire le débarrasser de son tartre en excès, et donner ce vin délicat, au léger parfum de framboise, à la robe rubis, tout de fraîcheur, de souplesse et de subtilité.

III. — LA FERMENTATION MALO-LACTIQUE

A. — Introduction

La fermentation malo-lactique a été mise en évidence lors des années 1920-1921 à la suite des remarquables travaux de Louis Ferré, directeur de la Station Oenologique de Beaune (8).

L'acide malique est, avec l'acide tartrique, un des acides principaux que l'on trouve dans les baies de raisin.

Sous l'influence de divers facteurs, physiques, chimiques et bactériologiques, cet acide peut se transformer en acide lactique et en acide carbonique : une molécule d'un di-acide se décomposant pour donner une molécule d'un mono-acide, selon l'équation :

$$COOH\text{-}CH_2\text{-}CHOH\text{-}COOH \rightarrow CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH + CO_2.$$

Le dégagement d'acide carbonique qui se produit alors avait conduit de nombreux observateurs à considérer qu'il s'agissait là d'une fermentation alcoolique secondaire, née de la présence dans le vin d'une plus ou moins grande quantité de sucres résiduaires. En effet, elle a lieu, en général, au printemps, époque à laquelle la température des celliers et des caves s'élève légèrement.

Cette fermentation était connue depuis fort longtemps, et l'empirisme des vieux vignerons l'associait de façon mystérieuse à la floraison de la vigne.

Le mérite de son identification revient donc à Louis Ferré qui apporta toute la lumière et la compréhension souhaitable à la connaissance de ce phénomène, puis étudia ensuite ses répercussions sur la constitution et la conservation des vins.

B. — Historique

Les observations et les travaux de L. Ferré (9) concernaient essentiellement les vins de Bourgogne. Mais nous nous trouvons là devant un phénomène général, intéressant aussi bien les vins rouges que les vins blancs, de toutes les régions vinicoles.

Tous les grands noms qui honorent l'œnologie ont été amenés à l'étudier.

Ribéreau-Gayon et Peynaud (24) (25) (26) dans plusieurs publications, ont exposé nos connaissances actuelles sur ce sujet, connaissances auxquelles ils ont beaucoup contribué, plus particulièrement en ce qui concerne les vins du Bordelais.

Bergeret (J) (1) nous rapporte ses observations faites sur la fermentation malo-lactique des vins de Bourgogne récoltés en 1957, et définit le rôle du pH et l'influence de l'anhydride sulfureux en relation avec les soutirages.

Nitschké (E) (18) de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg publie en 1956 une étude sur la fermentation malo-lactique des vins de la vallée de la Moselle.

Schanderl (H) (30) de Geisenheim étudie le comportement des vins blancs du Rhin allemand soumis à la fermentation malo-lactique.

Il est difficile de passer sous silence tous les travaux relatifs aux méthodes de dosage des acides malique et lactique des vins, surtout ceux de l'éminent œnologue, M. le Professeur Jaulmes de Montpellier (14).

C. — Répercussions de la fermentation malo-lactique sur les vins

Chaque région vinicole a ses particularités propres, et il n'est pas possible de transposer sur le plan général les avantages dont peuvent bénéficier les vins, ou les inconvénients qu'ils peuvent subir à la suite d'une fermentation malo-lactique.

En effet, cette fermentation se traduit par une chute importante de l'acidité de titration.

Ferré (L) lui a donné, en ce qui concerne les vins de Bourgogne, le sens d'une heureuse transformation : « On ne doit retenir de la fermentation malo-lactique que son action bienfaisante sur nos vins fins. C'est elle qui contribue le plus à atténuer les méfaits d'une maturité insuffisante des raisins ; sans elle, les vins de Bourgogne ne seraient pas ce qu'ils sont, neuf fois sur dix » (10).

Ribéreau-Gayon (25) affirme que sans fermentation malo-lactique, il n'y aurait pas de grands vins de Bordeaux. Il fait ressortir les heureuses modifications, au point de vue organoleptique, dont le vin est le siège : assouplissement, disparition de la verdeur de certains cépages, transformation du bouquet.

Pour Nitschké (18), l' « Elbling », cépage le plus ancien de la vallée de la Moselle, tire de cette fermentation les effets les plus agréables. Par contre, pour d'autres cépages, le « Riesling », par exemple, une fermen-

tation partielle conviendrait mieux, si l'on ne veut pas obtenir un vin trop plat.

Schanderl (30) émet l'avis que la fermentation malo-lactique est un phénomène bactériologique capital, sans lequel les vins des régions septentrionales seraient certaines années imbuvables.

Pour d'autres auteurs (17), il faut savoir en certaines circonstances l'empêcher, ou du moins la freiner, pour obtenir des vins qui ne soient pas trop plats, qui conservent leur fraîcheur et qui soient assurés d'une bonne conservation.

Nous voyons donc que la fermentation malo-lactique pose des problèmes assez complexes. Chaque région a les siens, bien particuliers.

A notre connaissance, aucune publication n'a été faite sur ce phénomène en ce qui concerne les vins de Bourgueil, et il nous a paru intéressant et utile de consacrer notre travail à cette étude.

IV. — LA FERMENTATION MALO-LACTIQUE DANS LE VIN DE BOURGUEIL

A. — Techniques actuelles de dosage des acides organiques des vins et plus particulièrement des acides malique et lactique et techniques de contrôle de la fermentation malo-lactique

Toutes ces techniques peuvent se grouper en deux catégories :

— Techniques purement chimiques.

— Techniques basées sur une séparation physico-chimique.

1° Méthodes chimiques :

Réservées essentiellement au dosage des acides organiques, certaines sont basées sur l'isolement de ces acides sous forme de sels de métaux lourds ou alcalino-terreux.

a) Méthode Ferré (11) : formation de malate de Baryum, évaporation de la solution, calcination et dosage de l'alcalinité des cendres.

b) Méthode Peynaud (20) : oxydation manganique ménagée d'une molécule d'acide malique qui donne une molécule d'acétaldéhyde. Ensuite l'acétaldéhyde est combinée à un excès d'anhydride sulfureux et on effectue un dosage de la combinaison par l'iode en milieu faiblement alcalin.

c) Schaelderle D. et Hasselmann M. (29) du Laboratoire de Chimie Analytique de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg ont mis au point une méthode sensible de dosage de l'acide lactique dans le vin, faisant intervenir la photocolorimétrie. Cette méthode est basée sur la réaction d'Eegrive (6) : oxydation de l'acide lactique en acétaldéhyde, condensation de l'acétaldéhyde avec le p-oxydiphényle : il se produit alors une intense coloration violette qui se prête au dosage colorimétrique.

d) Peynaud avec la collaboration de Lafon-Lafourcade (21) (22) a mis au point à la Station Agronomique et Œnologique de Bordeaux une méthode de dosage enzymatique de l'acide malique. Cette méthode est basée sur la propriété de certaines levures (Schizosaccharomyces pombe) de faire fermenter l'acide malique en le transformant en alcool et gaz

carbonique. Il suffit donc de mesurer la perte d'acidité totale d'une prise d'essai déterminée soumise à l'action spécifique des dites levures.

e) Autre méthode, faisant appel, elle aussi, à des moyens de séparations chimiques, relevée dans la publication américaine « Chemical Abstracts » (19), avec une succession imposante d'opérations : saponification, neutralisation, filtration, chauffage, décantation, centrifugation. La réalisation d'une telle technique se heurte à de nombreuses difficultés : l'auteur précise même, qu'elle n'est rigoureusement valable que si l'on utilise les récipients jaugés et le matériel indiqués à l'exclusion de tous autres.

f) Certaines méthodes font intervenir également la polarimétrie (16) : dosage basé sur le pouvoir rotatoire des sels molybdiques de l'acide malique, après séparation préalable de cet acide.

2° Méthodes physico-chimiques :

Elles consistent en une séparation des composants chimiques du vin, soit par résines échangeuses d'ions, soit par chromatographie dite de partage.

a) Résines échangeuses d'ions :

Leur champ d'application n'a cessé de s'étendre ces dernières années et de nombreux chercheurs (3) (7) (13) (31), les ont utilisées pour isoler, puis doser les différents acides fixes des vins. Ces séparations sont quelquefois délicates, ou nécessitent des appareillages compliqués.

Il est certain qu'une méthode bien adaptée, rigoureuse, permettant un travail de série, rendrait aux œnologues le plus grand service pour l'établissement de bilans d'acides.

b) Chromatographie de partage :

Deux procédés : sur colonne et sur papier.

— Chromatographie sur colonne.

Elle constitue le procédé initial. Le principe général de la méthode fut établi par A. J. P. Martin et R. L. M. Synge et publié en 1941 dans le « Biochemical Journal » (15).

La préparation de ces colonnes, soit gel de silice, soit célite, est très délicate. De plus, l'élution doit être conduite assez lentement. Si l'on considère le temps nécessaire aux opérations préalables (purification et concentration) cette technique très valable paraît trop compliquée et minutieuse pour un travail de série ou une pratique journalière.

— Chromatographie sur papier.

Cette méthode a été utilisée dans de nombreux travaux et a été l'objet

de multiples publications, plus particulièrement en ce qui concerne les acides organiques des fruits et du vin.

Dès 1951, Cheftel, Munier et Machebœuf (4) avaient mis en évidence l'intérêt d'une telle méthode au point de vue qualitatif, en obtenant une bonne séparation des acides du vin : tartrique, citrique, malique, lactique et enfin succinique, dans l'ordre des Rf croissants.

Cette technique permit par la suite de faire une évaluation approchée de la teneur de ces acides en comparant les dimensions des taches obtenues avec celles de solutions titrées témoins.

Ribéreau-Gayon (27) (28) a mis au point une excellente technique de contrôle de la fermentation malo-lactique, et dans un travail sur l' « Evaluation de l'acide malique par chromatographie sur papier » a décrit une méthode quantitative basée sur le principe de la tache limite. Elle consiste à déterminer le volume de vin minimum à partir duquel, à la révélation d'un chromatogramme, la tache n'est plus décelable.

Michod, de la Station de Lausanne (12) (34), a également mis au point une méthode simplifiée à caractère strictement qualitatif, qui permet avec un appareillage limité de déterminer si la fermentation malo-lactique d'un vin n'est pas faite, si elle est en cours ou si elle est terminée.

B. — Recherche d'une méthode qualitative, quantitative, sûre, rapide, facilement réalisable

A la suite des enseignements donnés par les travaux précédents (Méthode Ribéreau-Gayon et Méthode Michod), nous avons adopté la chromatographie de partage sur papier : chromatographie ascendante unidimensionnelle. Nous nous sommes inspirés des techniques Michod et Ribéreau-Gayon en leur apportant certaines modifications.

1° Technique Michod, de la Station Œnologique de Lausanne :

Cette technique est très simple et ne nécessite aucun appareillage compliqué, seulement un bocal hermétique d'environ 2 litres. On opère sur un grand rectangle de papier qui est ensuite roulé en forme de cylindre, ce qui permet de réaliser simultanément plusieurs chromatogrammes, donc un travail de série.

Mais cette méthode exige de la part de l'opérateur une certaine pratique. En effet, les liquides à analyser sont déposés sous forme de gouttes sur le papier, au moyen d'un tube de verre effilé ou d'un compte-gouttes capillaire, et l'on obtient, malgré toutes précautions possibles, une tache initiale assez étalée. L'intervention du séchoir électrique, si elle limite l'étalement, ne permet cependant pas d'avoir sur la ligne de départ des taches identiques.

De plus, une mise en contact correcte du cylindre de papier avec le liquide de développement est toujours délicate, et il peut s'ensuivre parfois une moins bonne régularité d'ascension.

Après entraînement par le solvant, les spots révélés seront plus ou moins diffus, selon que la tache initiale est plus ou moins étalée : ceci est donc un écueil pour une chromatographie quantitative basée sur l'estimation des taches, car alors, ni la superficie, ni l'intensité de la coloration des taches ne sont proportionnelles à la quantité de substance révélée.

Le réactif coloré (Bleu de Bromophénol) est entraîné moins rapidement que le solvant. Si l'on n'a pas pris la précaution de faire un repère marquant la distance parcourue par le liquide de développement, il devient impossible, après séchage des chromatogrammes, de calculer le Rf des taches et par suite de les identifier.

Cependant, il est certain que l'incorporation de l'indicateur coloré au solvant présente un avantage notable, car la révélation, après séchage est automatique, mais il semble indispensable d'opérer en présence de témoins.

Etant donné les difficultés présentées pour déposer un volume connu de solution ou vin à examiner sous forme de gouttes qui ne s'étalent pas trop et qui, par surcroît, soient régulières et identiques, on peut dire que cette méthode est essentiellement qualitative, mais dans ce sens, est très valable.

Voilà résumées les raisons pour lesquelles nous ne l'avons pas retenue.

2° Technique Ribéreau-Gayon :

Solvant	Propanol	50 ml
	Eucalyptol	50 ml
	Ac. Formique pur saturé d'eau	20 ml
Révélateur	Bleu Bromophénol	50 mg
	Ethanol à 96°	100 ml
	NaOH 0,1 N	q. s. color. pourpre

Nous avons réalisé une série d'expériences en utilisant comme témoins les solutions suivantes :

Ac. Malique dans alcool à 20°	100 mg/100 ml
	400 mg/100 ml
Ac. Lactique dans alcool à 20°	200 mg/100 ml
	600 mg/100 ml

Nous avons effectué des prises d'essai volumétriques avec micropipette de 0,1 ml graduée au centième, chaque division correspondant à 0,001 ml.

Nous avons utilisé du papier Watman n° 1, au lieu du Durieux n° 122 employé par M. Ribéreau-Gayon et nous avons opéré dans des conditions constantes de température, comprises régulièrement entre 18° et 22°.

Les Rf (1) des taches révélées sont alors les suivants :

Ac. Malique	Rf 0,38
Ac. Lactique	Rf 0,69

Nous avons été amené à formuler à l'égard de cette méthode une seule critique, commune à celles énoncées pour la méthode Michod, à savoir la difficulté que représentent la mesure de prises d'essai volumétriques rigoureuses et le dépôt de taches peu étalées et identiques.

C'est cette méthode cependant qui nous a servi de référence, en lui apportant des modifications qui portent sur la composition du solvant et du révélateur et surtout sur le mode opératoire. C'est, plus particulièrement, cette dernière modification relative à la technique de prélèvement qui nous a permis d'obtenir une méthode simple, rapide, fidèle, avec possibilité d'estimation quantitative.

3° Technique adoptée :

Solvant	Butanol N	32 ml
	Ac. Acétique pur	10 ml
	Eau distillée	6 ml
Révélateur	Bleu Bromophénol	100 mg
	Butanol N	100 ml
	NaOH 0,1 N	q.s. color.
	orangé foncé	pH amené à 5

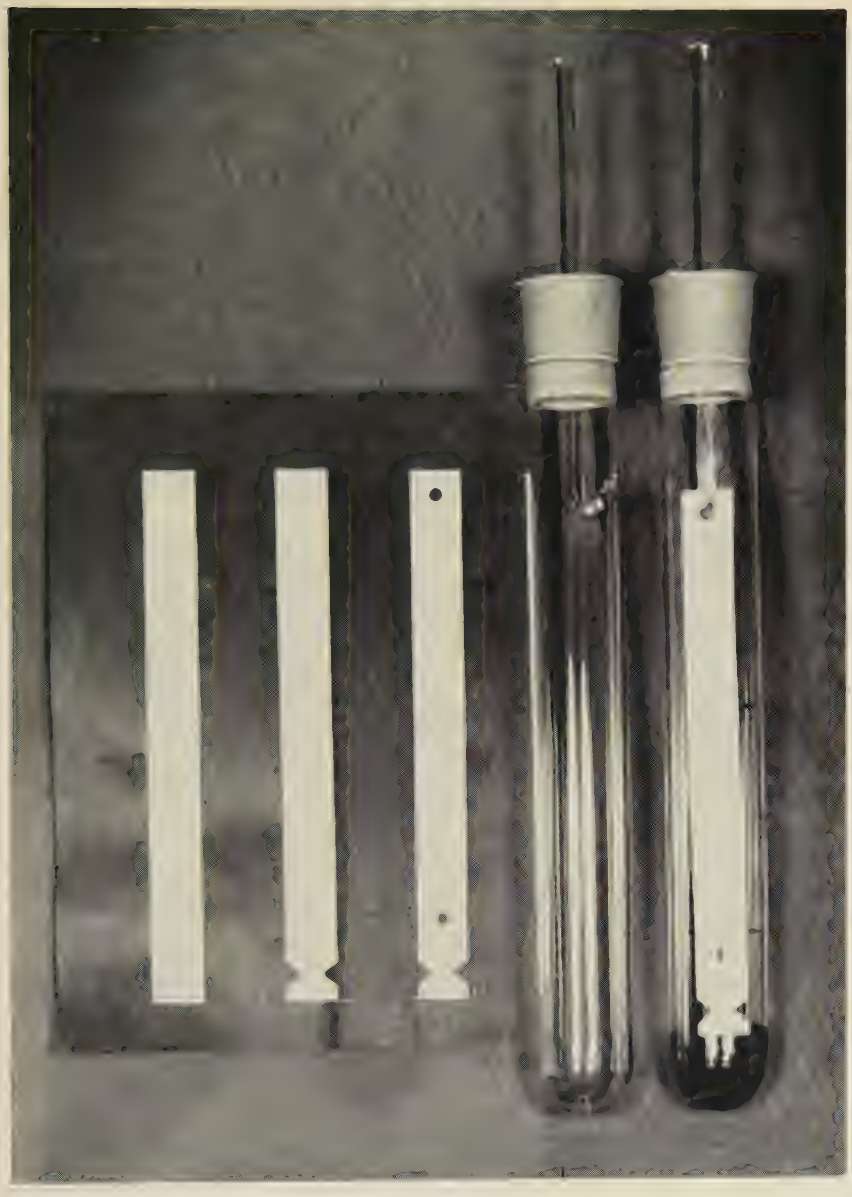
a) Mode opératoire (Cliché n° 2) :

Les chromatogrammes sont effectués sur bandes de papier Watman n° 1, bandes de 20 à 25 mm de large sur 20 cm de haut.

Les chromatographies sont réalisées séparément en tubes Pyrex de 40 × 300

Les tubes sont clos par un bouchon de caoutchouc n° 12 que traverse une tige de verre terminée par un crochet. Les bandes de papier sont perforées à la partie supérieure pour permettre leur fixation à la tige de verre. Elles présentent à leur base 2 échancrures latérales. Nous avons pratiqué ces échancrures dans le but de canaliser et par là-même régulariser le flux du solvant. Il faut en effet que le front du solvant, qui che-

(1) Le Rf est le rapport de la distance parcourue par le soluté sur la distance parcourue par le solvant.



Cliché N° 3

mine par capillarité, soit rectiligne et perpendiculaire à l'axe longitudinal des bandes de papier, sinon les taches risquent d'être déportées latéralement, irrégulières et à Rf variable.

La ligne de départ est située à 3,5 cm de la base.

1. — Mise en route d'une chromatographie : technique de prélèvement :

Des morceaux de papier Watman n° 1 identiques aux bandes de papier sont plongés environ 30 minutes dans les solutions ou vins à analyser. Après cette imprégnation, ils sont retirés, égouttés, puis séchés dans un courant d'air chaud fourni par un ventilateur électrique.

A l'aide d'un perforateur à papier nous prélevons sur ces morceaux des « pastilles » destinées à prendre rigoureusement la place de « pastilles » identiques découpées sur les bandes de papier Watman, au milieu même de la ligne de départ. Ces « pastilles » sont fixées sur leur nouveau support au moyen d'une étroite bande de ruban adhésif, appliquée sur une seule face.

2. — Développement du chromatogramme (Cliché, n° 3) :

Les bandes, une fois préparées, sont suspendues dans les tubes Pyrex dont l'atmosphère est saturée des vapeurs du solvant, puis plongées dans le liquide par simple pression sur la tige de verre. Le temps de développement est de 2 h 30.

Pendant nos expériences, la température du local était variable, mais comprise régulièrement entre 18° et 22°.

3. — Séchage et révélation :

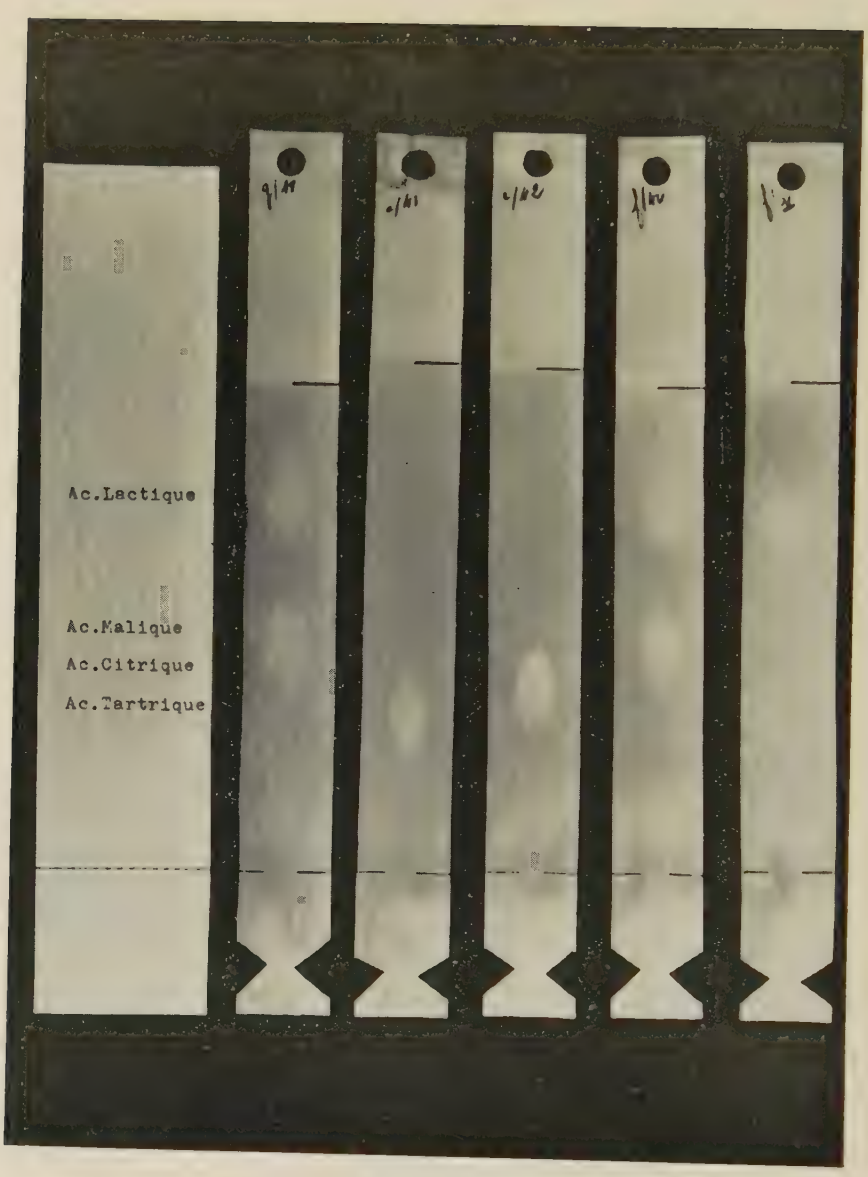
Les bandes de papier retirées des tubes sont égouttées par contact le long des parois internes. Le front supérieur du solvant est repéré d'un trait de crayon et on suspend les bandes, au moyen de crochets, à un fil tendu horizontalement. Les chromatogrammes sont aussitôt séchés par un courant d'air chaud (séchoir électrique). La révélation est effectuée immédiatement par pulvérisation fine, sans excès, dans le but d'éviter la diffusion des taches, par dilution des acides recherchés. Le révélateur est appliqué avec un pulvérisateur, type Vaast.

Les différents spots des acides ressortent alors en jaune sur fond bleu, sous forme de taches ovoïdes à contour bien délimité. (Clichés n° 4, n° 5, n° 6.)

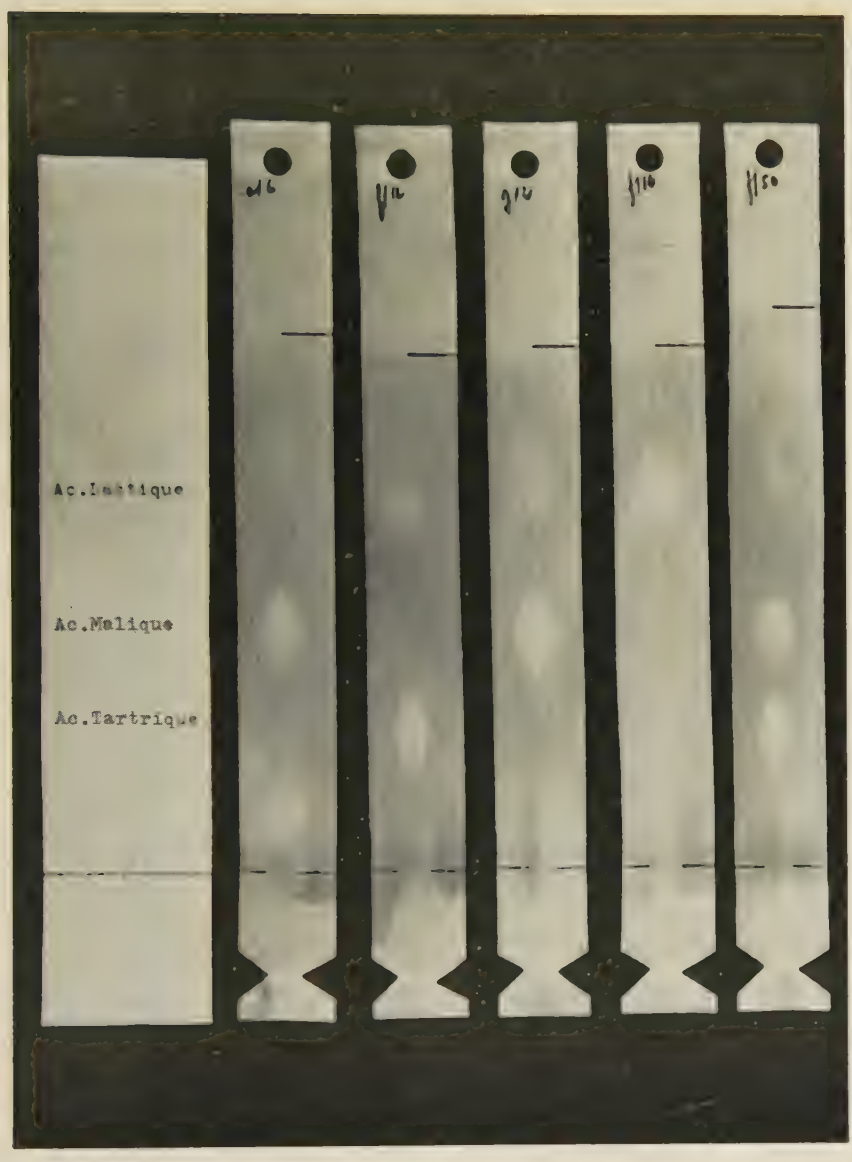
b) Contrôle de la valeur de notre méthode :

1. — Nous avons effectué 2 séries d'expériences : la première selon la technique Ribéreau-Gayon, la seconde selon notre propre méthode, en employant le solvant et le révélateur utilisés par l'auteur précité. Notre but était de comparer les résultats obtenus.

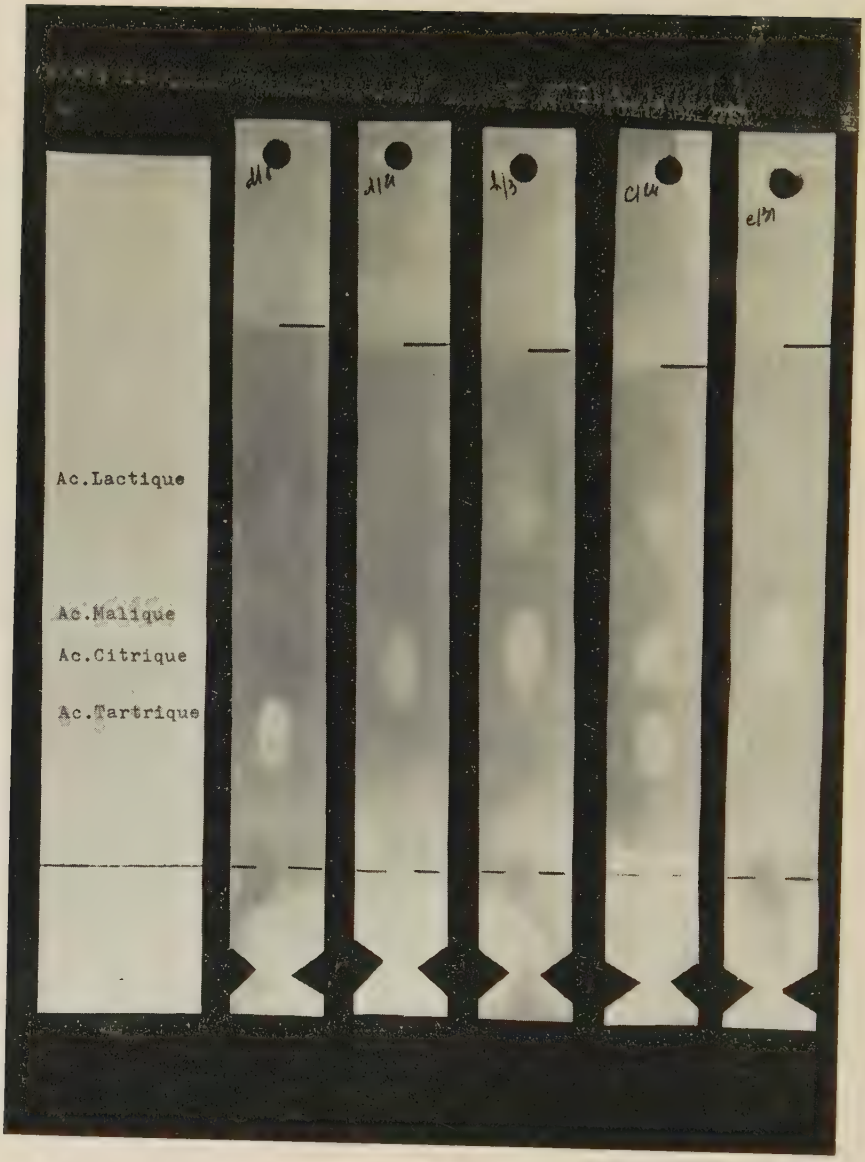
Lliché nº 3



Cliché nº 4



Cliché n° 5



Cliché nº 6

Nous n'avons jamais remarqué au cours de nos multiples essais de variation notable des Rf qui dans les deux cas sont rigoureusement les mêmes.

2. — L'utilisation d'un solvant différent de celui adopté dans la méthode Ribéreau-Gayon nous donne, pour les acides organiques courants des vins, des Rf nettement différenciés et aucune erreur d'identification n'est possible.

Cependant nous avons observé une légère variation de ces Rf qui sont sensiblement plus faibles en mélange que dans une solution pure, la différence pouvant atteindre 0,04.

3. — Les deux solvants sont d'ailleurs l'un et l'autre fortement acides, ainsi l'ionisation de l'acide malique et des autres acides organiques éventuellement présents dans le vin est réduite au maximum, ce qui évite la formation de traînées sur les chromatogrammes (« effet comète »).

4. — L'ascension capillaire de notre solvant s'est avérée sensiblement plus rapide.

5. — Nous savons que l'atmosphère des tubes Pyrex est saturée des vapeurs du solvant. Le fait d'introduire les bandes de papier ne modifie pratiquement pas la saturation.

Nous avons essayé de définir s'il était utile de laisser les bandes de papier s'imprégner des dites vapeurs avant de les plonger dans le solvant, et si ce mode opératoire avait une incidence sur la longueur de déplacement du liquide de développement et surtout sur la valeur des Rf.

Nous avons effectué une série d'expériences (72 au total) en laissant nos bandes de papier suspendues dans les tubes pendant des temps variables, avant immersion, soit 0 heure, 1/4 h, 1/2 h, 1 h, 1 h 1/2, 2 h.

Nous avons pu en tirer les conclusions suivantes :

— L'influence sur la hauteur d'ascension capillaire du solvant est négligeable. Après une durée de développement de 3 h, la différence de distance parcourue n'excède pas 2 %, quand on utilise des bandes de papier à chromatographie issues d'un même lot et découpées toujours dans une direction déterminée.

— Les Rf ont des valeurs pratiquement constantes, et nous n'avons pas observé de différence supérieure à 0,02, en opérant dans des conditions expérimentales identiques, précisées plus haut.

6. — Résultats :

Les Rf des principaux acides organiques des vins sont, selon notre méthode, les suivants :

Ac Tartrique	Rf 0,26
Ac. Citrique	Rf 0,38
Ac. Malique	Rf 0,45
Ac. Lactique.....	Rf 0,70

7. — Sensibilité de la méthode :

Pour la déterminer, nous avons utilisé une solution d'acide malique à 50 mg/100 ml d'alcool à 20° et nous avons effectué plusieurs séries de chromatographies après avoir déposé avec une pipette micrométrique sur nos « pastilles » de papier des volumes croissants de solution : 0,002 ml, 0,004 ml, 0,006 ml et 0,008 ml. Après développement et révélation, c'est la deuxième série, correspondant à 0,004 ml de solution, qui nous donna un spot à la limite de perception, spot qui équivaut à 2 microns-grammes d'acide malique.

Puis nous avons calculé le volume moyen v de solution retenu par une « pastille » de papier de surface s, dans les conditions expérimentales habituelles. Pour cela, nous avons mesuré le volume V_o de liquide absorbé par des bandes de papier identiques de surface S_o.

Le volume v est donné par l'équation :

$$v = V_o \times \frac{s}{S_o} \# 0{,}0065 \text{ ml} .$$

La sensibilité de notre méthode peut donc être estimée à :

2 microns-grammes d'acide malique dans 0,0065 ml de solution, soit sensiblement 300 mg/l.

c) Essai d'évaluation quantitatif des acides malique et lactique par chromatographie de partage sur papier :

Nous avons été amenés à faire une estimation de la teneur en acide de solutions de titre inconnu en comparant l'importance des taches avec celle de solutions titrées témoins.

Pour ce faire, nous avons découpé les taches, après en avoir dessiné le contour, et nous les avons pesées. Nous avons porté en ordonnée les concentrations de solutions utilisées, et en abscisse les poids moyens des taches déterminés au 1/10 mg.

Les courbes obtenues se présentent sous forme de droites (fig. n° I, n° II, n° III, n° IV, n° V, n° VI). La précision des résultats est de l'ordre de $\pm$ 10 %.

C. — L'acide malique dans le vin de Bourgueil

Nos travaux ne concernent que le cépage « Breton » (cabernet franc), mais nous devons signaler que les recherches auxquelles nous nous sommes livrés, ont montré la présence constante, soit d'acide malique,

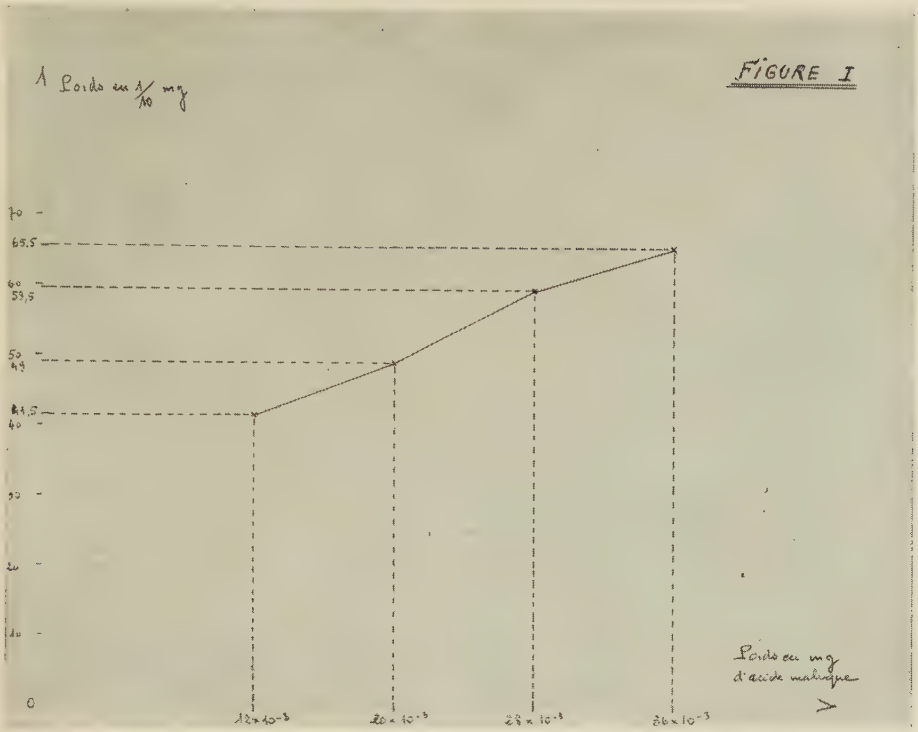


FIG. N° I

Solution utilisée :
Ac. Malique dans l'alcool à 20 ° : 400 mg/100 ml.
Pipette micrométrique : 1 div. = 0,001 ml.
Pesées avec lecture au 1/10 mg sur vernier.

TARE : 1,0002

N° 1	1,0045		
Ac. malique		moyenne	4,15 mg
0,012 mg	1,0085		
N° 2	1,0132		
Ac. malique		moyenne	4,90 mg
0,020 mg	1,0183		
N° 3	1,0241		
Ac. malique		moyenne	5,95 mg
0,028 mg	1,0302		
N° 4	1,0365		
Ac. malique		moyenne	6,55 mg
0,036 mg	1,0433		

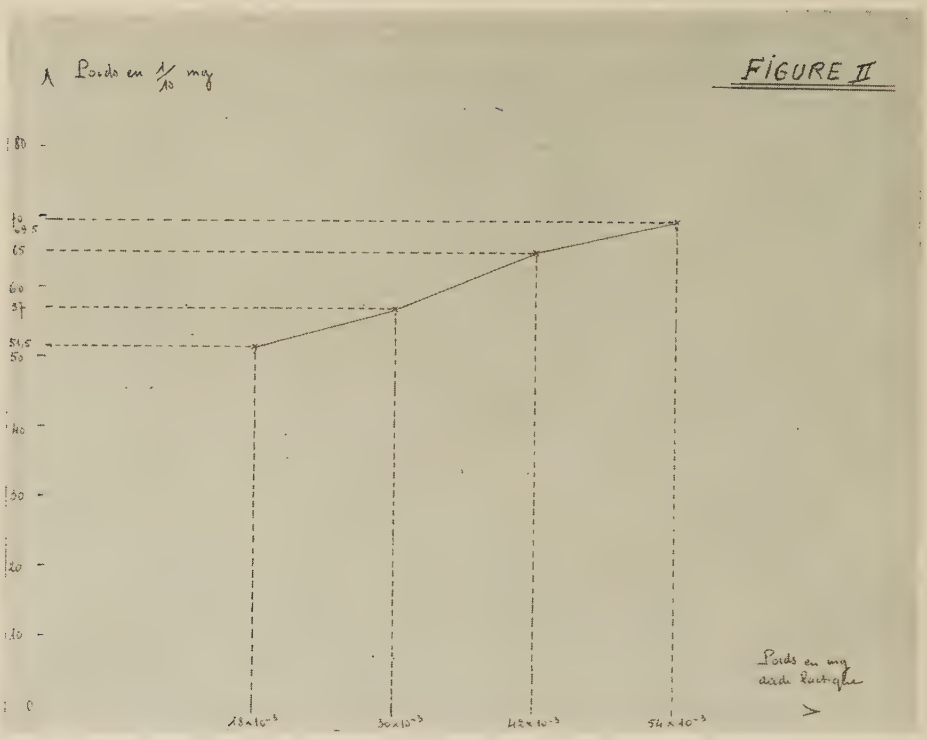


FIG. N° II

Solution utilisée :
Ac. Lactique dans l'alcool à 20 ° : 600 mg/100 ml.
Pipette micrométrique : 1 div. = 0,001 ml.
Pesées avec lecture au 1/10 mg sur vernier.

TARE : 10,0002

N° 1 Ac. lactique 0,018 mg	10,0055 10,0105	moyenne	5,15 mg
N° 2 Ac. lactique 0,030 mg	10,0164 10,0219	moyenne	5,70 mg
N° 3 Ac. lactique 0,042 mg	10,0285 10,0349	moyenne	6,50 mg
N° 4 Ac. lactique 0,054 mg	10,0417 10,0488	moyenne	6,95 mg

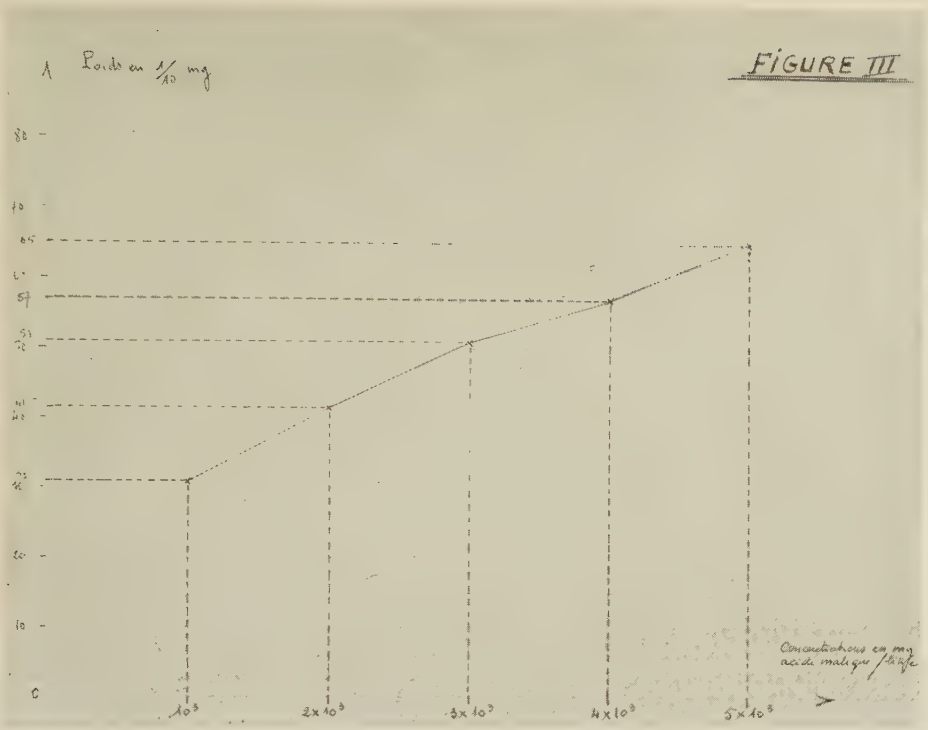


FIG. N° III

Solutions utilisées :
Ac. Malique dans l'alcool à 20° : 100 mg/100 ml,
200 mg/100 ml, 300 mg/100 ml, 400 mg/100 ml, 500 mg/100 ml.
Prise d'essai effectuée au moyen d'un perforateur.
Pesées avec lecture au 1/10 mg sur vernier.

TARE : 10,0000

N° 1 Ac. malique 10^3 mg/litre	10,0032 10,0062	moyenne	3,10 mg
N° 2 Ac. malique 2×10^3 mg/litre	10,0102 10,0145	moyenne	4,15 mg
N° 3 Ac. malique 3×10^3 mg/litre	10,0194 10,0247	moyenne	5,10 mg
N° 4 Ac. malique 4×10^3 mg/litre	10,0303 10,0361	moyenne	5,70 mg
N° 5 Ac. malique 5×10^3 mg/litre	10,0424 10,0491	moyenne	6,50 mg

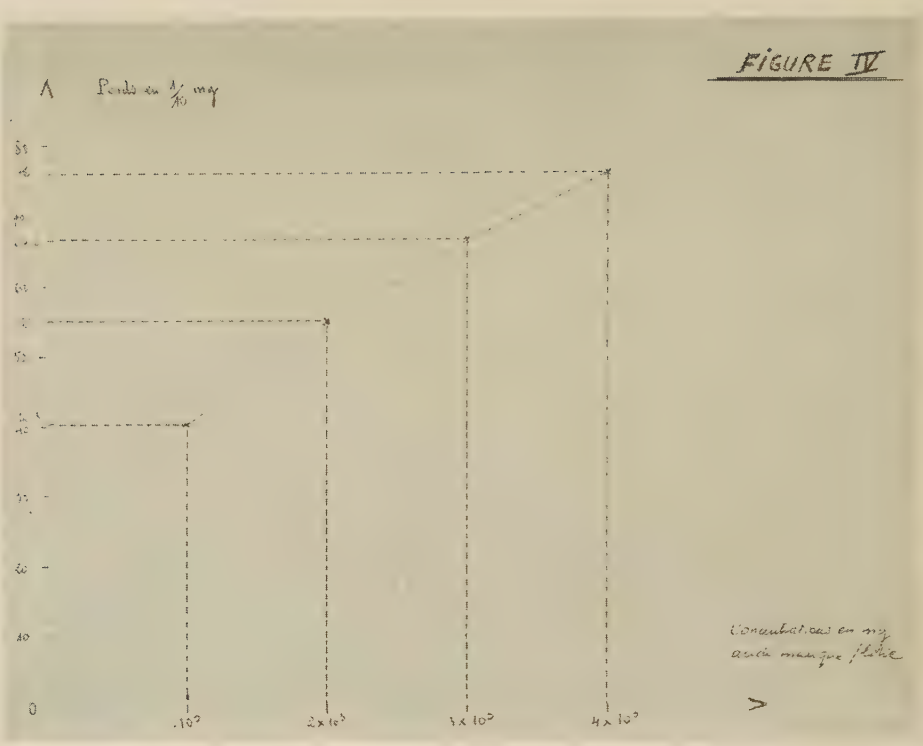


FIG. N° IV

Mêmes solutions et même technique que pour fig. III.

TARE : 10,0000

N° 1 Ac. malique 10^3 mg/litre	10,0042 10,0081 10,0121	moyenne	4,03 mg
N° 2 Ac. malique 2×10^3 mg/litre	10,0055 10,0109 10,0165	moyenne	5,50 mg
N° 3 Ac. malique 3×10^3 mg/litre	10,0068 10,0135 10,0200	moyenne	6,66 mg
N° 4 Ac. malique 4×10^3 mg/litre	10,0078 10,0154 10,0228	moyenne	7,60 mg

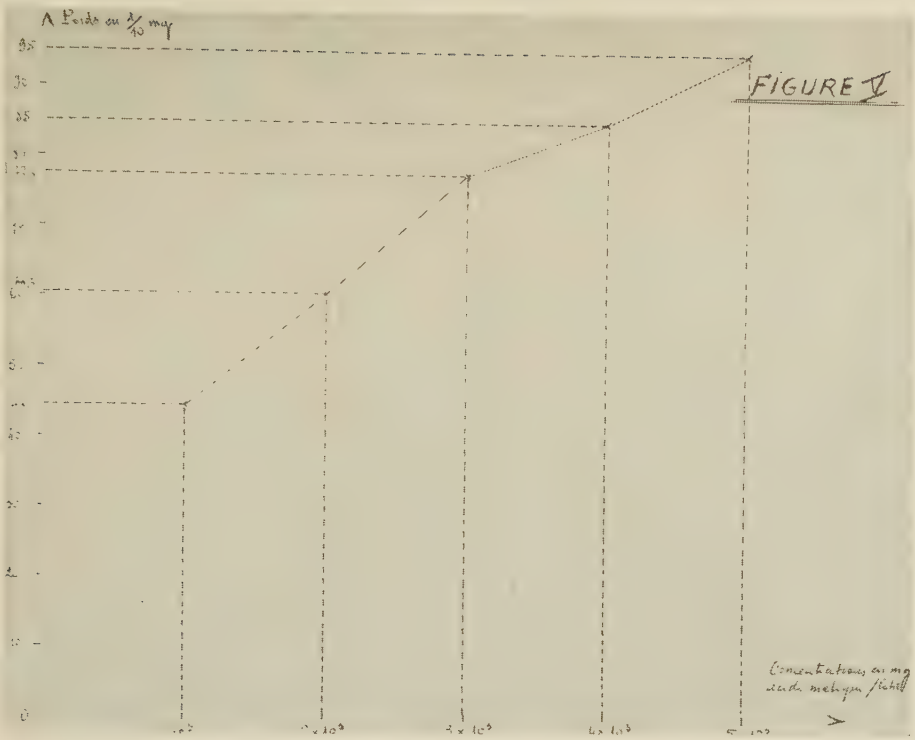


FIG. N° V

Mêmes solutions et même technique que pour fig. III.

TARE : 10,0000

N° 1 Ac. malique 10^3 mg/litre	10,0045 10,0088	moyenne	4,40 mg
N° 2 Ac. malique 2×10^3 mg/litre	10,0062 10,0121	moyenne	6,05 mg
N° 3 Ac. malique 3×10^3 mg/litre	10,0075 10,0155	moyenne	7,75 mg
N° 4 Ac. malique 4×10^3 mg/litre	10,0084 10,0170	moyenne	8,50 mg
N° 5 Ac. malique 5×10^3 mg/litre	10,0098 10,0190	moyenne	9,50 mg

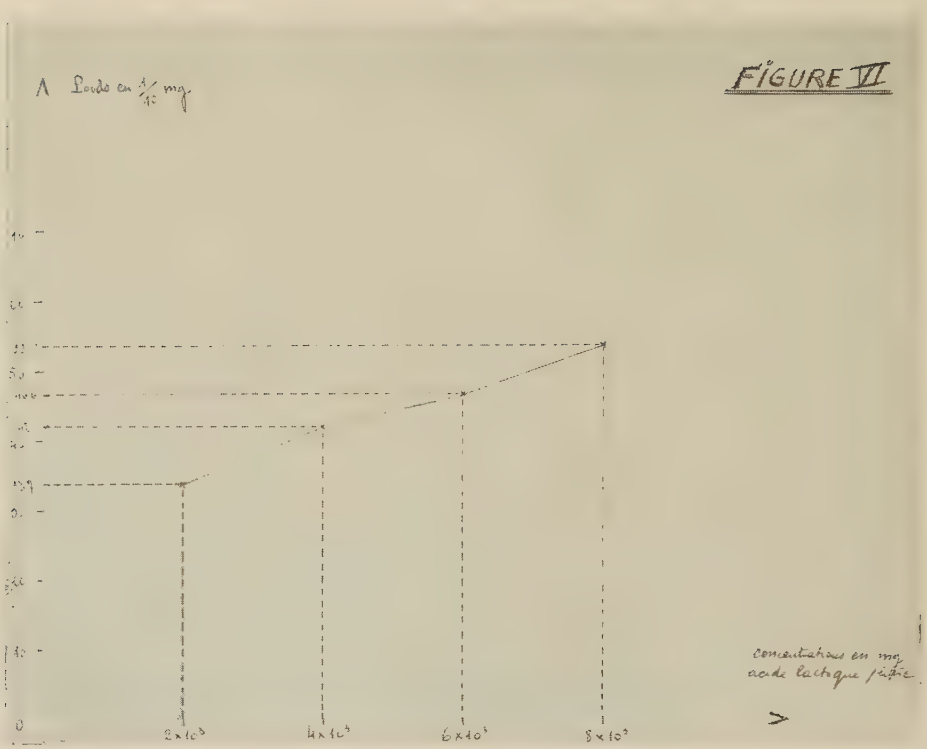


FIG. N° VI

Solutions utilisées :
Ac. Lactique dans l'alcool à 20 ° :
200mg/100 ml, 400 mg/100 ml, 600 mg/100 ml, 800 mg/100 ml.
Prise d'essai effectuée au moyen d'un perforateur.
Pesées avec lecture au 1/10 mg sur vernier.

TARE : 10,0005

N° 1	10,0039		
Ac. lactique	10,0071	moyenne	3,37 mg
2×10^3 mg/litre	10,0106		
N° 2	10,0146		
Ac. lactique	10,0190	moyenne	4,20 mg
4×10^3 mg/litre	10,0232		
N° 3	10,0281		
Ac. lactique	10,0326	moyenne	4,66 mg
6×10^3 mg/litre	10,0372		
N° 4	10,0424		
Ac. lactique	10,0477	moyenne	5,35 mg
8×10^3 mg/litre	10,0532		

soit d'acide lactique ou de ces deux acides, dans les vins provenant d'autres cépages cultivés dans la région de Bourgueil, et plus particulièrement le groslot.

Nous allons étudier successivement l'évolution de la teneur en acide malique des vins de Bourgueil :

— au cours de la croissance puis de la maturation du raisin ;
— pendant la fermentation alcoolique ;
— au cours de l'élevage et de la conservation du vin.

1° L'ACIDE MALIQUE AU COURS DE LA CROISSANCE ET DE LA MATURATION DU RAISIN.

Nous avons effectué des prélèvements au cours des années 1962 et 1963, tous les 15 jours à dater de la formation du fruit, aux lieux-dits :

— « La Chevalerie », commune de Restigné. Cette propriété comporte de vieilles vignes (plus de 60 ans) plantées dans des « tufs », puis des vignes d'âge moyen (30 ans) et de jeunes vignes (5 à 7 ans) plantées dans des graviers.

— « Aux Fresneaux », commune de La Chapelle-sur-Loire, vignes plantées dans des sables (alluvions récentes).

Les grains frais débarrassés de leur pédicelle ont été lavés à deux reprises à l'eau savonneuse, puis rincés à plusieurs eaux, la dernière étant distillée. Nous les avons ensuite séchés au papier filtre, puis nous avons compté 50 baies qui ont été aussitôt pesées. Nous les avons alors écrasées et triturées au mortier en présence d'un poids égal d'alcool à 20°. La préparation obtenue a été finalement filtrée sur papier plissé.

Chaque échantillon représente donc 50 % du poids du grain frais, pour un prélèvement correspondant à une période déterminée de la végétation.

Toutes nos pesées nous ont permis, pour l'année 1962, d'établir une courbe représentant les variations de poids frais moyen d'une baie de raisin « cabernet franc » depuis la nouaison, première phase de la vie du fruit, jusqu'à la maturité complète (fig. n° VII). De plus, nous avons fait des évaluations de la teneur en acide malique des échantillons précités. Les résultats obtenus nous ont permis d'établir des courbes de variation valables pour les deux années considérées (fig. n° VIII, n° IX).

a) *Incidence de divers facteurs, et plus particulièrement, influence des conditions atmosphériques au cours de la vie végétative et influence du terrain (nature et exposition) sur l'évolution des teneurs en acide malique :*

1. — Conditions atmosphériques :

Nous allons rappeler celles qui ont marqué les années 1962 et 1963.

FIGURE VII

VARIATIONS DU POIDS FRAIS MOYEN D'UN GRAIN DE RAISIN
Année 1962

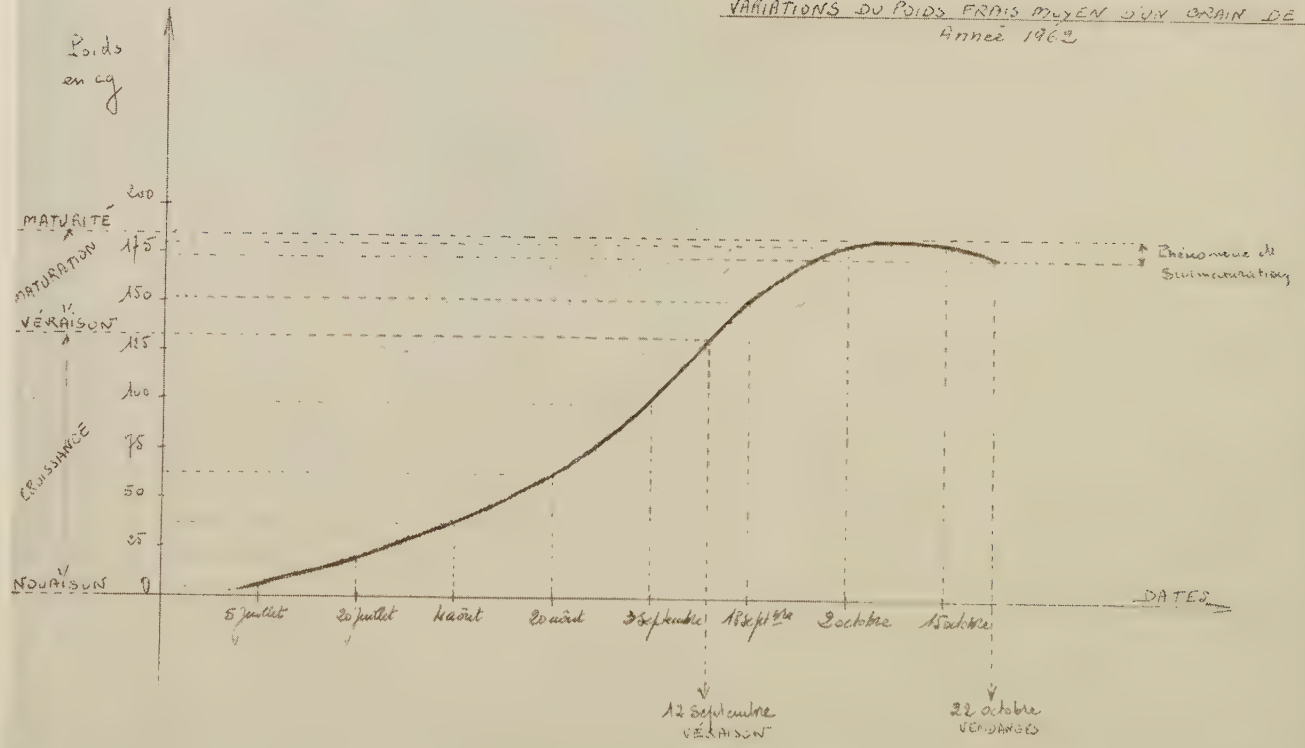


FIGURE VIII

VARIATIONS DE LA TENEUR EN ACIDE MALIQUE
COMPTE-TENU DE LA TEMPERATURE

ANNÉE 1962

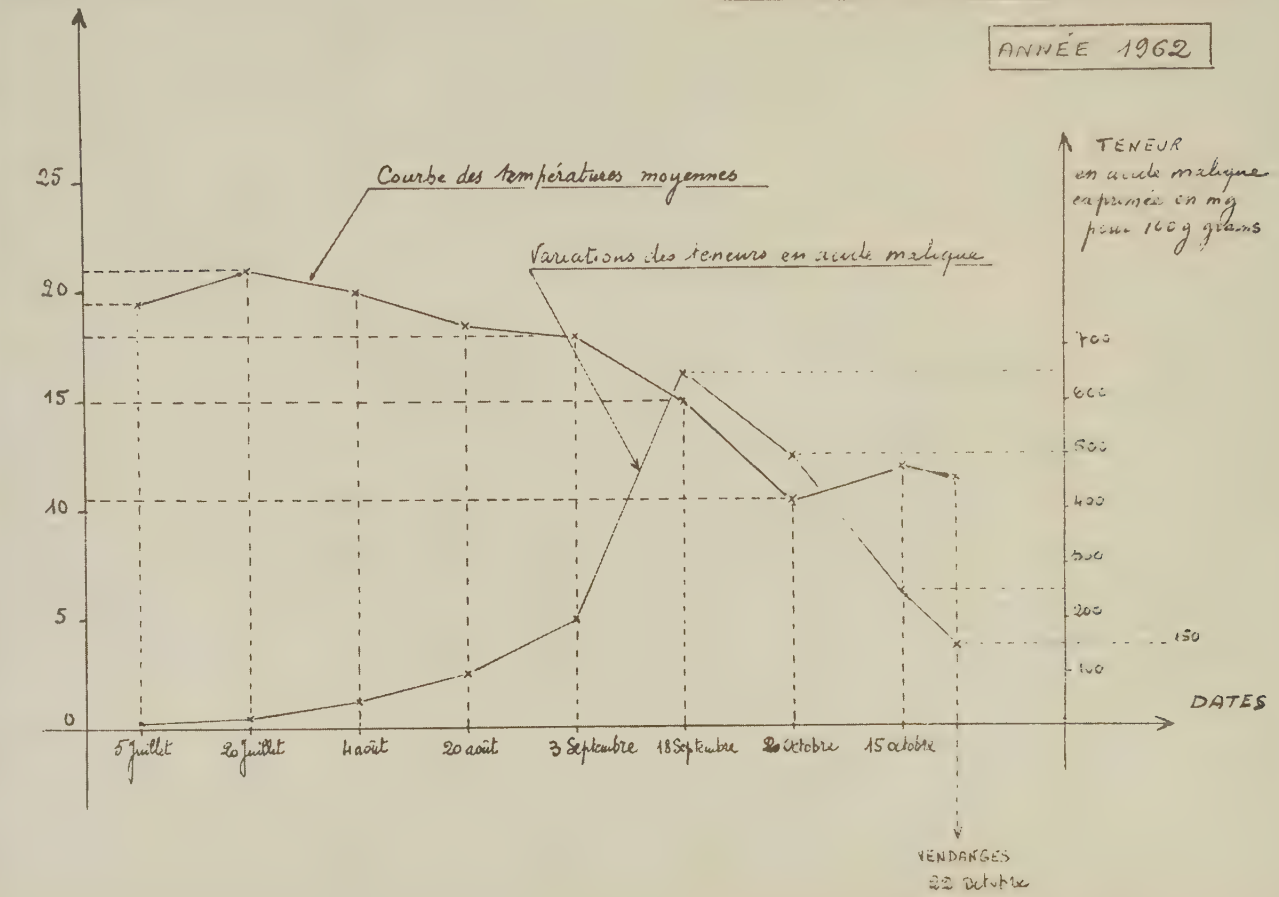
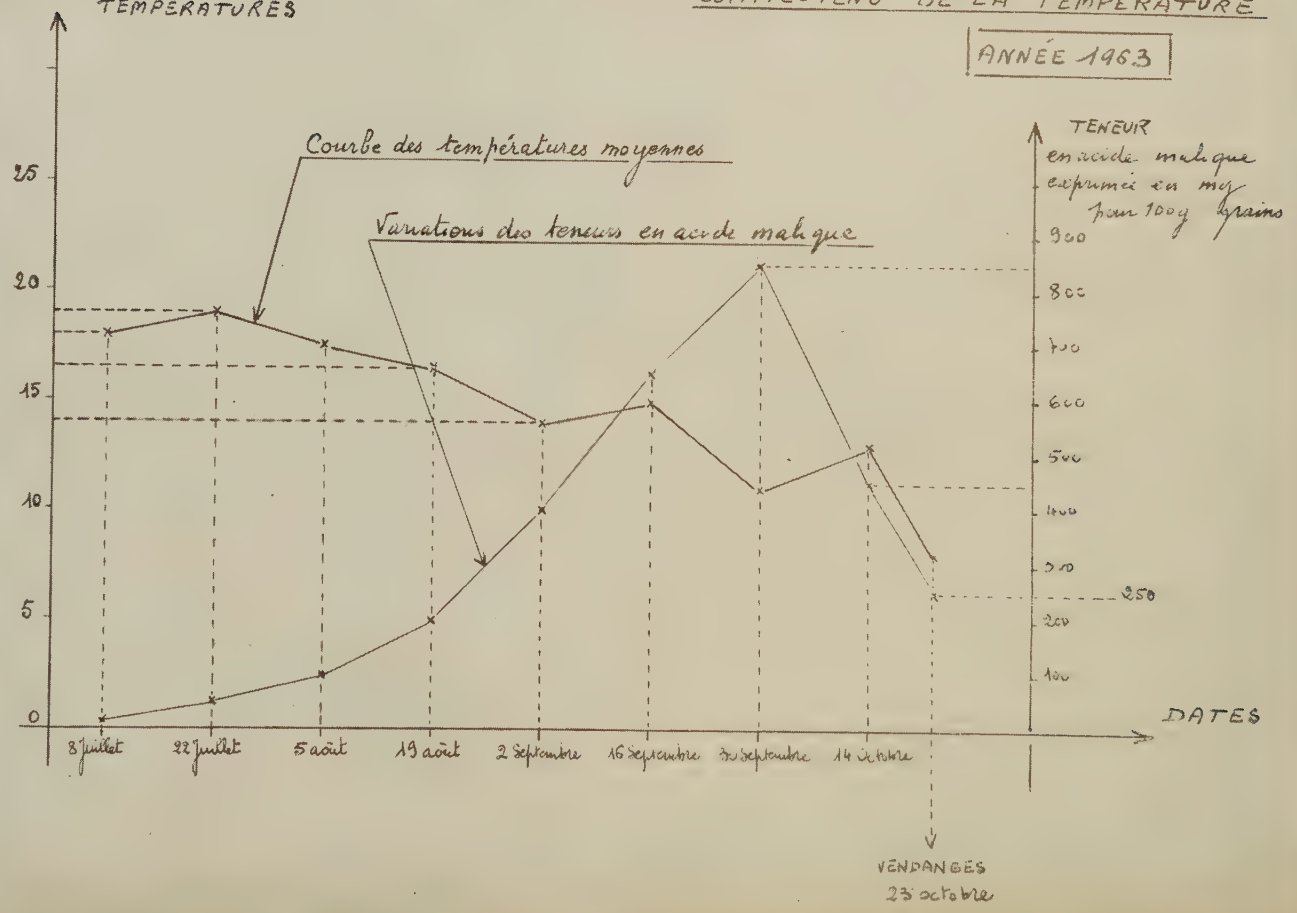


FIGURE IX

VARIATIONS DE LA TENEUR EN ACIDE MALIQUE
COMPTE-TENU DE LA TEMPÉRATURE

ANNÉE 1963



Année 1962 : L'hiver fut peu rigoureux, mais assez long ; un temps sec s'installe qui sévit de février à mai. On peut dire que l'on est passé sans transition de l'hiver à l'été, avec un début de mai particulièrement chaud qui assura un démarrage rapide de la végétation.

Le mois de juin fut ensoleillé et chaud, malgré un vent d'est dominant. La floraison eut lieu fin juin (retard d'environ 2 semaines).

Le mois de juillet fut chaud et sec, le mois d'août tempéré et beau, mais malheureusement toujours sec et certaines vignes souffrent, plus particulièrement dans les « graviers ». Il fallut attendre début septembre pour qu'une pluie bienfaisante arrive ; il s'ensuit, à partir du 15, une période de refroidissement très net : les cabernets commencent à peine à « tourner » !

Puis il y eut, début octobre, un réchauffement de la température et de belles périodes ensoleillées qui assurèrent une excellente maturation. Les pluies tardives n'ont pas altéré la qualité de la vendange ; les foyers de pourriture étaient en effet assez rares. On obtint un vin de qualité supérieure, de belle couleur rubis. Le 11° fut dépassé ; certains atteignirent 12° et même 12° 5.

Année 1963 : Après un hiver rigoureux, le plus vif et le plus long depuis le début du siècle avec celui de 1907, le printemps se fit longtemps attendre. Ne neigeait-il pas en effet début avril ? Mais l'aoûtement 1962 s'étant effectué dans d'excellentes conditions, le bois avait bien mûri, les entre-nœuds étaient assez courts, et nous avions déjà là l'indice d'une production satisfaisante, voire abondante. La floraison s'effectua fin juin-début juillet, avec peut-être un certain retard, conséquence d'un hiver prolongé. Le mois de juillet fut dans l'ensemble très beau et ensoleillé.

Malheureusement un mois d'août pluvieux lui succéda avec un refroidissement sensible des températures. Le mois de septembre fut marqué, au début, par un léger réchauffement auquel succéda rapidement une nouvelle période de pluies. Le retard de maturation augmentait et la pourriture grise s'installait dans de nombreuses grappes encore vertes. Un temps idéal, qui n'était plus espéré, fit son apparition début octobre et on eut alors une arrière-saison presque exceptionnelle. La teneur en sucres des grains augmentait alors que, conjointement, les acidités diminuaient.

Les vendanges commencèrent le 23 octobre.

Les vins obtenus furent difficiles à vinifier ; leur robe était pâle ; beaucoup étaient extrêmement sensibles à la casse brune (conséquence de la pourriture grise).

Les degrés moyens étaient compris entre 9° 5 et 10° 5, certains atteignant exceptionnellement 11° et 11° 5.

Nous avons pu établir les courbes des températures moyennes diurnes des deux années (1962 et 1963) et nous avons fait figurer sur le même

graphique les variations des teneurs en acide malique de nos échantillons prélevés à Restigné, au « Clos de la Chevalerie » (vignes plantées sur tufs et graviers : aire d'appellation contrôlée).

2. — Influence du terrain :

Nous avons vu que nos prélèvements avaient été effectués également sur la commune de La Chapelle-sur-Loire, « Aux Fresneaux ». Il s'agit là encore de cépage cabernet franc, mais planté sur alluvions modernes (Le vin ne bénéficie pas de l'appellation).

Nous avons sur un même tableau, valable pour l'année 1963, établi les courbes de variations des teneurs en acide malique des raisins des deux lieux considérés (Fresneaux et Chevalerie), les prélèvements ayant été effectués les mêmes jours (fig. nº X).

b) *Interprétation des résultats et remarques :*

1. — Interprétation :

Des acides organiques s'accumulent dans la baie de raisin pendant la période de croissance.

L'acidité atteint un maximum qui correspond à la véraison, puis diminue constamment jusqu'à la maturité complète.

En effectuant les chromatographies de nos différents échantillons prélevés chaque quinzaine, nous avons pu constater la présence d'une petite quantité constante d'acide citrique. Par contre, les quantités d'acide tartrique et d'acide malique évoluent irrégulièrement. Pour l'année 1962, l'accumulation de ces acides s'est accentuée à partir du début du mois de septembre et semble coïncider avec les périodes de pluies et de refroidissement qui ont marqué ce stade de la végétation. Pour l'année 1963, l'accumulation fut plus régulière, car on eut, comme nous l'avons vu, une alternance de périodes ensoleillées et pluvieuses ; mais la concentration en acide malique atteint cette année-là un maximum beaucoup plus élevé qu'en 1962, car les températures moyennes qui ont marqué la saison sont nettement plus basses.

Au moment de la véraison (15-20 septembre 1962 et 25-30 septembre 1963) nous avons déterminé les acidités de titration ramenées à 1 litre de moût et exprimées en SO_4H_2 :

1962 (18 septembre)	7,92 g
1963 (30 septembre)	9,24 g

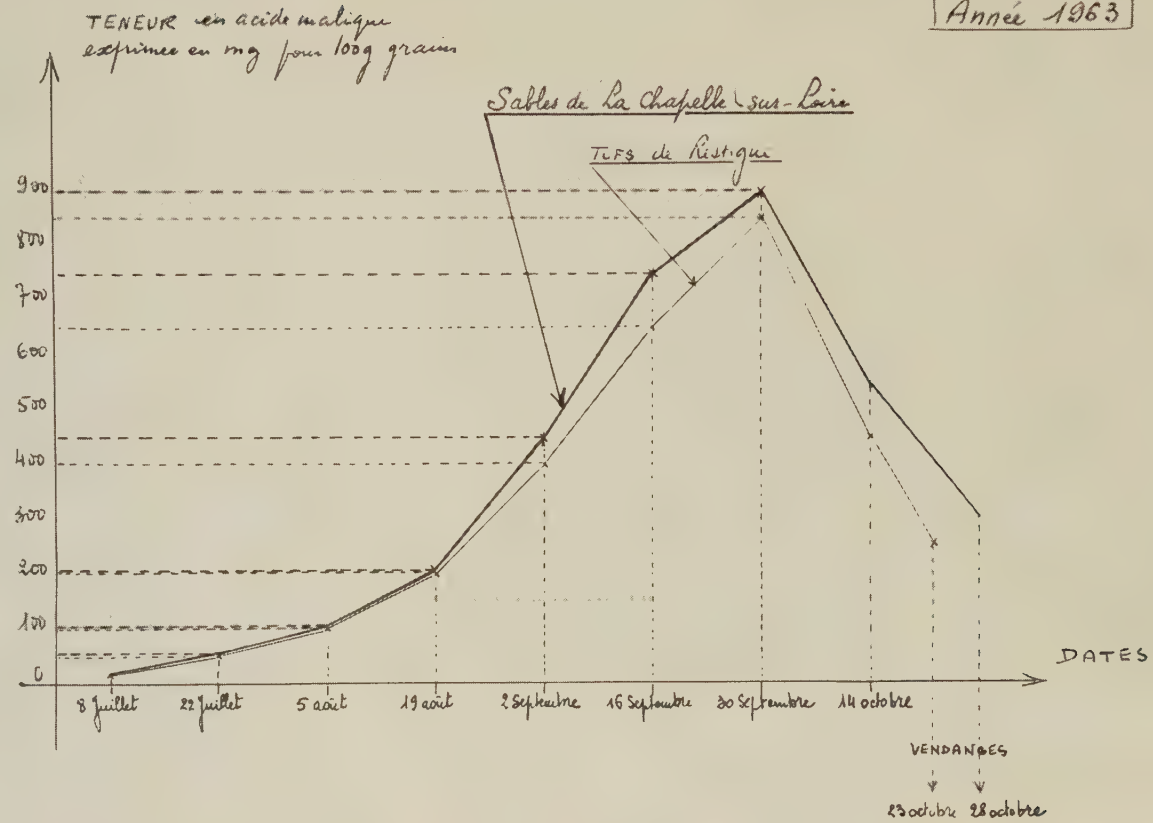
Pendant la maturation du raisin, nous avons noté une chute importante de l'acide malique alors que l'acide tartrique semblait stabilisé, et au moment des vendanges, les acidités étaient devenues les suivantes :

1962 (22 octobre)	6,46 g
1963 (24 octobre)	7,74 g

FIGURE X

VARIATIONS DE LA TENEUR EN ACIDE MALIQUE SELON LA NATURE DU TERRAIN

Année 1963



D'où proviennent ces acides ?

Pendant la période considérée, nous avons retrouvé de façon constante de l'acide malique dans les feuilles de vigne, les rafles et même les vrilles. Cet acide proviendrait donc, du moins partiellement, des organes végétatifs. Mais son métabolisme, ainsi que celui des autres acides organiques, et leur destruction, sont sous l'étroite dépendance de phénomènes assez complexes (phénomènes de respiration cellulaire, phénomène faisant intervenir des enzymes), sans oublier les facteurs climatologiques qui conditionnent le plus souvent ces phénomènes (température, pluies, intensité des radiations solaires). « Ces transformations s'inscrivent au moins en partie dans le cycle des acides organiques de la cellule vivante, cycle de Krebs » (35).

2. — Remarques :

— Les chromatographies ne nous ont jamais révélé d'acide lactique dans les moûts.

— Les prélèvements effectués à la « Chevalerie » dans tufs et graviers, nous ont donné des résultats semblables pour une année déterminée Ces terrains bénéficient d'une excellente exposition, et l'âge de la vigne — s'il a une incidence sur le rendement — ne semble pas avoir d'influence sur les teneurs en acide malique.

— On a noté à La Chapelle-sur-Loire dans les prélèvements effectués « aux Fresneaux » en 1963, des teneurs en acide malique légèrement plus élevées qu'à Restigné. Il est vrai que nous sommes dans la partie basse de la vallée, et qu'il y eut, cette année-là, des vents froids dominants d'est-nord-est, alors que la terrasse alluviale est — nous l'avons vu — à l'abri de ces vents.

On peut admettre que les facteurs exposition, température et nature du terrain ont des incidences qui interfèrent étroitement.

Ainsi, des essais d'implantation du cépage cabernet sur Cinq-Mars-La-Pile (25 km à l'Est de Bourgueil) ont échoué, alors que dans cette zone le groslot trouve un lieu de prédilection. Le cabernet de Chinon (15 km au Sud, de l'autre côté de la Loire) donne un vin d'excellente réputation, mais dont les caractères organoleptiques diffèrent complètement de nos Bourgueil.

— Les attaques cryptogamiques jouent aussi un rôle à ne pas passer sous silence : en sévissant sur la grappe ou la feuille, elles perturbent les échanges gazeux, elles gênent parfois considérablement la végétation et même quelquefois l'interrompent.

En 1962, rares foyers d'oïdium (fin juin), mais dans l'ensemble état sanitaire satisfaisant. En 1963, par contre, mildiou et pourriture grise (attaques importantes).

c) *Conclusion* :

En résumé, sous notre climat tempéré, la qualité des vins dépend, d'une part, pour une année déterminée, de la nature du terrain, de son exposition, et de l'âge de la vigne. Elle dépend d'autre part et surtout de l'état de maturité du raisin au moment des vendanges. Le cépage cabernet étant assez tardif, seule une arrière-saison suffisamment ensoleillée permet d'accroître la richesse des moûts en sucres et conjointement d'abaisser au maximum l'acidité. Plus que la teneur en sucres, c'est certainement l'acidité qui fixe la qualité future des vins de Bourgueil, c'est pourquoi l'acide malique nous paraît jouer un rôle essentiel dans l'évolution de cette qualité.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DU MOIS DE SEPTEMBRE ET DE LA PREMIÈRE QUINZAINE D'OCTOBRE SUR LA QUALITÉ DES VINS

Années	Somme des températures maximales journalières Du 1er septembre au 15 octobre	Qualité des vins
1925	793°	Petite année
1926	956°	Bonne année
1927	854°	Année moyenne
1928	992°	Grande année
1929	1 064°	Très grande année
1930	882°	Année moyenne
1931	782°	Petite année
1932	853°	Année moyenne
1933	955°	Grande année
1934	988°	Très grande année
1935	879°	Année moyenne
1936	883°	Année moyenne
1937	915°	Bonne année
1938	882°	Année moyenne
1940	888°	Année moyenne
1941	941°	Bonne année
1942	981°	Très bonne année
1943	978°	Très bonne année
1944	888°	Année moyenne

Nota. — Ces températures ont été relevées à « Port-d'Ablevoie », commune de La Chapelle-sur-Loire, par M. Madrelle, Instituteur, correspondant de l'O. N. M.

2° L'Acide malique pendant la fermentation alcoolique.

Pour situer le problème, nous allons brièvement rappeler les conditions de fermentation des moûts des années 1962 et 1963.

Ces deux années, marquées — commme nous l'avons vu — par

des conditions atmosphériques bien différentes, ont eu cependant un caractère commun : les belles et longues périodes de chaleur d'octobre.

Grâce à la température favorable de la période de vendanges, le départ de fermentation des moûts s'est manifesté habituellement dans les 24 h.

Année 1962 :

Température moyenne de 23 moûts prélevés au moment de leur mise en cuve de fermentation du 22/10/62 au 29/10/62 ..... 17° 4
Certains atteignaient 21°, ce qui est assez exceptionnel.

Année 1963 :

61 moûts prélevés du 19/10/63 au 4/11/63, période ensoleillée. Température moyenne ..... 16° 8
9 moûts prélevés du 4/11/63 au 12/11/63, période de pluies, avec fort refroidissement.
Température moyenne..... 14° 3

Dans les deux premiers cas (année 1962 et première période 1963), les fermentations sont parties très rapidement, ce qui a permis — du moins pour 1962 — de pratiquer des décuvages précoces. Il se posait, en effet, un problème de « logement », la vendange ayant été particulièrement abondante cette année-là.

Certains vignerons ont donc décuvé au bout de quatre jours, contrairement aux usages bien établis par la coutume et l'empirisme ancestral. Il fallait cet essai forcé pour leur faire admettre l'absence d'inconvénient de cette opération précoce sur la qualité du vin. Un vigneron, ancien directeur de cave coopérative, dont j'avais admiré les connaissances dues à une longue pratique, m'avait, il y a une dizaine d'années, vanté les avantages de la méthode.

Pour la deuxième période 1963, avec le mauvais temps pluvieux et froid, il a fallu 5 à 6 jours pour amorcer la fermentation, malgré la préparation parfois de « pieds de cuve »

Il est vrai qu'il y avait fort longtemps qu'on avait fait des vendanges aussi tardives.

Nous avons vu alors des vignerons décuver au bout de 25 et même 30 jours !

Contrairement à une opinion en Bourgueillois bien établie, la durée de la cuvaison n'apportait pas dans ces cas précis une intensité colorante meilleure.

Les 63 avaient une robe peu teintée, parfois même très pâle. La pourriture qui s'était développée pendant les longues périodes de pluies de septembre en était essentiellement la cause. C'est précisément cette

pourriture grise provoquée par le Botrytis Cinerea qui nous avait conduit à conseiller un assez fort sulfitage de la vendange. Mais les moûts sulfités à 6 et même 8 grammes de métabisulfite de potasse par hectolitre allaient quand même donner des vins sensibles à la casse oxydasique. Nous en avons cependant trouvé plusieurs (provenant de sulfitages à 10 et 12 g) qui avaient, au soutirage d'avril, une assez bonne tenue à l'air.

La vendange 1962, par contre, était assez saine, et les sulfitages ont été de l'ordre de 4 à 5 g par hl.

a) *Bilan des constituants principaux de deux moûts de même origine, des années* 1962 *et* 1963, *avant fermentation* (Provenance : « La Chevalerie »).

Années	Sucres en g/litre	Acidité de Titration	pH	Ac. Malique en g/litre	Ac. Tartrique	Ac. Citrique
1962 22/10/62	198,2	6,46	3,15	1,50	Présence	Traces
1963 24/10/63	181,8	7,74	3,05	2,50	Présence	Traces

Nota. — Ces chiffres concernent deux moûts qui ont été régulièrement suivis et ne sont donnés qu'à titre indicatif pour expliquer l'allure générale des évolutions pour une année et une origine déterminées.

— Les acidités de titration sont exprimées en grammes SO_4H_2 par litre.

— Il faut noter l'absence d'acide lactique.

b) *Bilan des constituants principaux des deux vins issus des moûts précédents, au décuvage.*

Années	Degré	Acidité fixe	Acidité volatile	pH	Sucres	Acide Malique	Acide Lactique	Acide Tartrique	Acide Citrique
1962 3/12	11°	5,29	0,36	3,20	1,15	1,25	Traces	Traces	Néant
1963 28/11	10°8	5,68	0,41	3,15	0,37	2,25	Traces	Traces	Néant

Nota. — Le moût 1963 a été chaptalisé à raison de 2 kg sucre par hecto.

c) *Interprétation des résultats.*

1. — La proportion d'acide malique qui disparaît pendant la fermentation alcoolique est variable et généralement assez faible.

2. — L'acide lactique apparaît, sans qu'il soit possible d'établir un rapport entre sa formation et la disparition d'acide malique.

3. — L'acide tartrique diminue en très forte proportion, disparaît presque, pour donner du tartrate acide de potassium. Ce sel qui précipite par suite de la diminution de sa solubilité en milieu alcoolique, s'est formé en quantité notable et s'est déposé dans les lies des vins « Breton » 1963 à partir du décuvage, surtout dans ceux qui subirent alors la fermentation malo-lactique (Il ne faut pas oublier, en effet que l'acide malique est un solubilisant des tartres).

4. — L'acidité volatile apparaît, concurremment à la disparition de l'acide citrique, et par suite de l'oxydation d'une certaine quantité d'alcool au cours de la fermentation alcoolique.

5. — Le vin 1962 renferme au décuvage un sucre résiduaire plus important que dans le 1963. Les moûts étaient en effet assez riches en matières sucrées. Nous en avons trouvé de nombreux dépassant 200 g/l, et l'un d'eux atteignait même 215 g. La fermentation alcoolique a donc été moins parfaite ; l'hiver 1962-1963, précoce et rigoureux, n'a pas permis à ce sucre de se résorber rapidement ; cette transformation se fera à la mi-avril, par suite de l'augmentation de la température des celliers.

6. — Le degré alcoolique du 63 était très au-dessous de la moyenne des années précédentes (excepté 1960). Il y a eu, bien entendu, correction par chaptalisation.

7. — Les acidités fixes sont plus élevées en 1963 qu'en 1962 ; certainement il y a dans les 63 un excès d'acide malique, mais aussi la maturité du raisin était moins bonne par suite d'un ensoleillement trop tardif ; le phénomène de surmaturation que nous avons constaté en 1962 ne s'est pas reproduit en 1963.

8. — Nous n'avons jamais rencontré de « Breton » dont le pH à l'écoulage soit inférieur à 3, même en 1963 où les acidités de titration des moûts étaient parfois fort élevées (Certains ont atteint 8,82 g SO_4H_2/l, parmi les premiers vendangés). La notion de pH avait alors toute sa valeur pour l'appréciation de l'acidité réelle, et la désacidification chimique des moûts (avec carbonate de chaux) aurait constitué un énorme nonsens œnologique, si elle avait été pratiquée comme un décret l'autorisait exceptionnellement.

d) *Conclusion.*

Au décuvage, il est certain qu'une certaine quantité d'acide malique a disparu, le plus souvent minime, dans des conditions normales de fermentation. Peut-on affirmer qu'il s'agisse là vraiment d'un début de fermentation malo-lactique ? Nous ne le pensons pas. A notre avis, il s'agit

plutôt de transformations organiques variées et complexes favorisées par l'élévation des températures des moûts en fermentation et produites par des diastases et des levures entraînant des phénomènes d'oxydation et de décarboxylation. Ce sont d'ailleurs ces mêmes phénomènes qui donnent naissance à l'acide succinique, à l'acide acétique et à l'acide lactique.

3° L'Acide malique au cours de l'élevage et de la conservation des vins.

Si le décuvage marque le terme des travaux de vinification, l'élaboration de vins fins, fruités, « dépouillés » et stables, nécessite une succession de traitements, l'application de nombreux soins qui s'échelonnent pratiquement sur une année avant la commercialisation. Dans la région de Bourgueil, le nombre de soutirages, et l'époque à laquelle ils sont pratiqués, sont variables. Là encore, on a longtemps recouru aux pratiques et coutumes anciennes.

Mais depuis une dizaine d'années, les vignerons ont pris l'habitude de faire analyser leurs moûts puis leurs vins. L'examen de laboratoire est d'ailleurs devenu obligatoire à la suite des décrets d'août 1961 et novembre 1962, pour obtenir le certificat d'agrément. Conjointement à ces analyses systématiques, des conseils de soins et traitements préventifs sont donnés, et peu à peu l'empirisme fait place à des méthodes de travail plus rationnelles.

Les soutirages sont habituellement au nombre de trois : le premier, au cours du mois de décembre ; un deuxième fin février-début mars ; et le troisième, dit de printemps, fin avril.

Pendant toute cette période, le vin va être le centre de transformations, de modifications profondes, et selon les cas, il va nécessiter des traitements particuliers.

Pour ne pas sortir du cadre de notre étude, nous allons étudier tout d'abord les variations de l'acidité fixe de titration, de l'acidité volatile, de la teneur en acide malique, et du pH de nos deux vins de 1962 et 1963, puis d'une manière plus générale, l'évolution de la fermentation malolactique d'un certain nombre d'échantillons examinés au cours des deux années précitées.

— L'acidité fixe est donnée par la différence entre l'acidité totale et l'acidité volatile.

Nous avons employé pour déterminer l'acidité totale le procédé à la phénolphtaléïne, après avoir débarrassé le vin de son gaz carbonique dissous à l'aide d'une trompe à eau. Si nous avons utilisé ce procédé — bien qu'il ne soit pas officiel — c'est qu'il est plus rapide et nous donne une précision suffisante.

— L'acidité volatile a été déterminée par le procédé Cazenave-Ferré (14) Les acidités sont exprimées en grammes SO_4H_2 par litre.

— La teneur en acide malique est établie d'après notre technique d'évaluation qui nous permet de suivre à ± 10 % près les variations du dit acide.

a) *Evolution des deux vins,* 1962 *et* 1963, *précédemment suivis* (Provenance : « La Chevalerie »).

Année 1962 :

Dates	Acidité fixe	Acidité volatile	Acide malique	pH
3/12/62	5,29	0,36	1,25	3,20
5/ 2/63	5,19	0,39	1,25	3,25
24/ 4/63	4,98	0,41	1,00	3,30
17/ 6/63	4,70	0,43	0,75	3,25
8/ 4/64	4,21	0,47	0,50	3,25

Année 1963 :

Dates	Acidité fixe	Acidité volatile	Acide malique	pH
28/11/63	5,68	0,33	2,25	3,10
30/ 1/64	4,31	0,35	0,75	3,25
11/ 3/64	3,96	0,38	Traces	3,30
30/ 8/64	3,82	0,39	Néant	3,35

Pour ces deux vins, le phénomène malo-lactique a revêtu un caractère différent.

Dans le premier cas, la malo-lactique n'a été que partielle, fin juin. Elle n'a pas évolué par la suite, pendant plusieurs mois, grâce à un sulfitage de l'ordre de 40 à 45 mg SO_2/l. Par contre elle s'est réveillée en bouteilles à partir du printemps 1964.

Dans le deuxième cas, on peut dire que la malo-lactique était pratiquement terminée fin mars 1964. C'est une chance, car ce vin atteint comme de nombreux « Breton » 1963 de casse oxydasique, a pu être traité à l'anhydride sulfureux, traitement qui aurait ralenti, sinon condamné provisoirement la fermentation malo-lactique.

b) *Evolution des fermentations malo-lactiques d'un certain nombre d'échantillons examinés au cours des six mois qui ont suivi le décuvage.*

Dates	*Cabernets* 1962 : Nombre d'échantillons	Fermentation malo-lactique		
		Absence	En cours	Terminée
du 27/10 au 9/11	29 échantillons	28 soit 97 %	1 soit 3 %	0 soit 0 %
du 12/11 au 19/12	117 —	101 soit 86 %	16 soit 14 %	0 soit 0 %
du 4/1 au 26/2	29 —	24 soit 83 %	5 soit 17 %	0 soit 0 %
du 2/3 au 30/4	51 —	31 soit 60 %	18 soit 36 %	2 soit 4 %
du 3/5 au 27/6	23 —	8 soit 38 %	12 soit 53 %	3 soit 9 %
	Cabernets 1963 :			
du 4/11 au 14/11	24 —	22 soit 92 %	2 soit 8 %	0 soit 0 %
du 16/11 au 28/11	97 —	28 soit 28 %	67 soit 69 %	2 soit 2 %
du 2/12 au 20/12	18 —	1 soit 5 %	10 soit 55 %	7 soit 40 %
du 13/1 au 20/1	14 —	0 soit 0 %	9 soit 64 %	5 soit 36 %
du 26/1 au 12/3	13 —	0 soit 0 %	6 soit 46 %	7 soit 54 %
du 8/4 au 22/6	27 —	0 soit 0 %	8 soit 29 %	19 soit 71 %

c) *Interprétation des résultats.*

1. — La fermentation malo-lactique ne commence pratiquement à se manifester, qu'une fois la fermentation alcoolique terminée.

2. — Influence de la température :

Les vendanges ont été aussi tardives en 1962 qu'en 1963. Mais en 1962, l'hiver — comme nous l'avons vu — s'est installé d'une façon assez brutale, dans la première décade de décembre. La température des cel-

liers s'est abaissée alors rapidement ; on notait parfois 6° à 7° seulement. Toutes fermentations, toute vie active de bactéries, étaient alors impossibles. Certaines fermentations alcooliques furent même interrompues, et il n'était pas rare, au début du printemps de doser des sucres réducteurs de l'ordre de 2,50 à 3 g/l, sucres qui se sont d'ailleurs transformés par la suite.

En 1963, par contre, l'hiver a été plus clément ; une période de refroidissement est survenue fin janvier, début février, progressivement, ce qui explique que tous les échantillons que nous avons examinés au cours du mois de juin avaient en majorité terminé leur malo-lactique.

3. — Influence de l'anhydride sulfureux :

L'addition de SO_2 au moût, avant fermentation n'a aucune action déterminante sur la malo-lactique. En effet, l'anhydride sulfureux fut employé en général beaucoup plus en 1963 qu'en 1962 (pourriture grise), ce qui n'a pas empêché les malo-lactiques de se produire plus rapidement et plus facilement dans ces vins. Par contre, SO_2 ajouté, la plupart du temps, sous forme de méchage, à l'occasion d'un soutirage, ralentit le plus souvent, sinon arrête la dite fermentation. Cette constatation a été faite, entre autres, dans plusieurs cabernets vinifiés en rosé, et dans des « Bretons » 1963, qui par suite d'une crainte peut-être trop exagérée de casse oxydasique, ont été sulfités à la dose de 9 g de métabisulfite de potasse par hectolitre, dès la fin de janvier.

4. — Rôle du pH :

Nous ne pensons pas que l'acidité réelle des vins, déterminée par le pH, ait une incidence particulière sur la fermentation malo-lactique. Depuis dix ans, nous analysons régulièrement les cabernets de la région. Les années qui se sont succédées ont donné des vins de caractères assez différents, mais jamais, comme nous l'avons déjà dit, les pH n'ont été au décuvage inférieurs à 3. Par contre, dans les vins sains et jeunes de Bourgueil, que l'on peut supposer stabilisés biologiquement, ce pH semble s'inscrire dans des limites assez étroites de 3,25 à 3,40, sans rapport, ni proportion, bien entendu, avec la quantité totale des acides libres (14). On peut dire qu'à ce pH le vin est assuré d'une bonne conservation. A un pH supérieur à 3,5, le vin est déséquilibré au point de vue ionique et sujet à certaines maladies, plus particulièrement la casse bleue ; son goût devient plat, voire fade.

Ces remarques sont confirmées par l'examen de vins vieux, vins de grandes et même très grandes années (1906, 1921, 1928 et 1929) qui ont gardé, malgré le vieillissement, une certaine fraîcheur, une certaine verdeur, dont la conservation exceptionnelle a été assurée par un pH assez bas, malgré une faible acidité de titration.

Années	1906	1921	1928	1929
pH	3,05	3,25	3,15	3,20
Acidité de titration	3,62	4,21	3,96	3,78

d) *Conclusion* :

Le vin pendant son élevage, nécessite des soins de tous les jours. La stabilité du « Bourgueil » et sa parfaite conservation dépendent avant tout des traitements appropriés qui seront prodigués à chaque cuve selon sa propre évolution. Il est difficile d'édicter des règles précises, chaque vin nécessitant des soins particuliers selon son état.

V. — CONCLUSIONS

Cette étude nous montre toute la complexité du phénomène malo-lactique et son importance dans l'élaboration des vins de Bourgueil.

Cette fermentation qui se traduit par une diminution parfois importante de l'acidité totale des vins, joue dans la plupart des cas un rôle bienfaisant, surtout depuis quelques années où notre cépage cabernet n'a pu compléter sa maturité qu'assez tardivement.

Elle contribue à améliorer des vins qui resteraient trop verts, trop durs ; elle les assouplit et par là-même, permet au bouquet de mieux s'exprimer.

Quand elle est totale, les vins sont assurés d'une excellente conservation ; par contre, si elle ne s'est pas faite ou si elle n'est que partielle, il y a toujours le risque de la voir se réveiller en fûts et même en bouteilles, et le vin perd alors tous ses caractères à la dégustation.

Il faut donc que le vigneron soit renseigné au cours de l'année qui suit la vinification, et plus particulièrement dans les six premiers mois, de l'évolution de cette fermentation malo-lactique, et cela préalablement à tout traitement, entre autres, le soutirage.

Nous devons cependant signaler que dans certains cas précis, cette fermentation ne paraît pas souhaitable ; lorsque l'acidité fixe, par exemple, est faible au décuvage, elle peut subir une chute trop importante sous l'action d'une malo-lactique, et le vin risque la casse qui ne se produit pas en milieu suffisamment acide. En effet, les cabernets de Bourgueil renferment normalement, à l'état naturel, de petites quantités de fer. Ce fer peut être à l'état ferreux ou ferrique selon les conditions du milieu. Dans les fûts bien ouillés et en présence d'anhydride sulfureux, qui a une action réductrice marquée, le fer est ferreux ; mais une certaine quantité peut devenir ferrique au contact de l'air (à l'occasion d'une vidange ou d'un soutirage).

Ce fer ferrique forme alors une combinaison insoluble avec le tanin, sous forme d'un précipité bleu noirâtre de tannate ferrique : c'est la casse bleue. Il est dans ce cas important de noter l'action favorable de l'acide malique qui complexe de façon stable le fer trivalent.

Les vins qui manquent d'acidité sont, non seulement sensibles à cette casse, mais ils perdent de leur fraîcheur, ils accusent une certaine maigreur, leur robe pâlit par suite d'un dépouillement trop accentué.

Comment arrêter ou empêcher une fermentation malo-lactique ?

L'expérience nous a montré qu'une dose minimum de 30 à 40 mg SO_2 libre par litre serait suffisante. Les vins sont alors assurés d'une certaine stabilité, qui doit être d'ailleurs complétée par une conservation en lieux suffisamment frais : caves n'excédant pas de 12° à 14°.

Le vin de Bourgueil, comme tous les vins de renom, est certainement fragile, mais en utilisant des méthodes de vinification et d'élevage rationnelles, les vignerons de la région de Bourgueil fourniront longtemps encore au marché des fins connaisseurs, ce vin au bouquet spécial, au fruité délicat, ce vin dont Jules Romains disait : « Il n'est ni chargé en tanin, comme le Bordeaux, ni délicieusement toxique comme le Bourgogne, c'est un vin pour intellectuels ».

BIBLIOGRAPHIE

1. Bergeret (J.). — Observations sur la fermentation malo-lactique des vins de Bourgogne récoltés en 1957. Statistique et allure du phénomène. Influence de l'anhydride sulfureux en relation avec les soutirages. *C. R. Acad. Agric.* oct. et nov. 1958.
2. Bertrand (L.). — Les grandes régions géologiques du sol français. Edit. Flammarion, Paris, 1935, p. 169.
3. Busch (H.), Hurlbert (R.) et Potter (V.). — Dosage de l'acide malique par résines échangeuses d'ions. *J. Biol. Chem.*, 1952, 196, p. 717.
4. Cheftel (M.), Munier (R.) et Machebœuf (M.). — Recherche des acides organiques des vins par chromatographie sur papier. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1951, 33, p. 840.
5. Dion (R.). — Le Val de Loire. Edit. Arrault, Tours, 1934, p. 333.
6. Eegrive (E.). — Méthode de dosage de l'acide lactique. *Z. Anal. Chem.*, 1933, 95, p. 323.
7. Fenech. — Dosage de l'acide malique du vin par résines échangeuses d'ions. *Il Farmaco*, 1955, 7, p. 438.
8. Ferré (L.). — Indices œnologiques et rétrogradation de l'acide malique. *Ann. Fals. Fraudes*, 1928, 270, p. 75.
9. Ferré (L.). — Traité d'Œnologie Bourguignonne. Edit. I. N. A. O., Paris, 1958, p. 165.
10. Ferré (L.). — Traité d'Œnologie Bourguignonne. Edit. I. N. A. O., Paris, 1958, p. 170.
11. Ferré (L.). — Dosage de l'acide malique dans les vins. *Ann. Fals. Fraudes*, 1928, p. 82.
12. Feuillets œnologiques. — Edit. Soc. Publ. Agr. et Tech., Béziers, 1960, 166, p. 1276.
13. Goodban et Stark. — Dosage de l'acide malique par résines échangeuses d'ions. *Analytical Chemistry*, 1957, 29, p. 283.
14. Jaulmes (P.). — Analyse des vins. Edit. Poulain, Montpellier, 1951, p. 240, p. 252, p. 321, p. 344.
15. Lederer (E.). — Chromatographie en chimie organique et biologique. Edit. Masson, Paris, 1960, t. II, vol. I, p. 145, p. 169.
16. Mathiez et Ramuz. — Dosage de l'acide malique par polarimétrie. *Trav. Chim. Alim. et Hyg.* Lausanne, 1955, 46, p. 503.
17. Nègre (E.) et Francot (P.). — Manuel pratique de vinification et de conservation des vins. Edit. Flammarion, Paris, 1947, p. 303.
18. Nitschke (E.). — Le contrôle de la fermentation malo-lactique des vins par chromatographie sur papier. Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, 1956, 23, p. 115.

19. Official methods of analysis. — Ass. of Offic. Agr. Chemists Edit. Nuith, 1960, Art. 11034, 20044, 20058, 20059.
20. Peynaud (E.). — L'acide malique dans les moûts et les vins de Bordeaux *Ann. Fals. Fraudes*, 1938, p. 332.
21. Peynaud (E.) et Lafon-Lafourcade (S.). — Dosage simple de l'acide l-malique à l'aide de Schizosaccharomyces pombe. *C. R. Ac. Sc.*, 1964, 258, p. 5542.
22. Peynaud (E.) et Lafon-Lafourcade (S.). — Etude d'un dosage simple de l'acide malique appliqué aux vins à l'aide de Schizosaccharomyces pombe. *Ann. Tech. Agr.*, 1965.
23. Rabelais (F.). — La vie inestimable de Gargantua. Edit. Le Chant des Sphères, Nice, 1964, l. I, chap. XIII, p. 48.
24. Ribéreau-Gayon (P.) et Peynaud (E). — Bilan de la fermentation malo-lactique. *Ann. Ferm.*, 1938, 4, p. 559-569.
25. Ribéreau-Gayon (P.) et Peynaud (E.). — Analyse et contrôle des vins. Edit. Béranger, Paris, 1947, p. 156.
26. Ribéreau-Gayon (P.). — Traité d'Œnologie. Edit. Béranger, Paris, 1947, p. 77, p. 123.
27. Ribéreau-Gayon (P.). — Evaluation de l'acide malique des vins par chromatographie sur papier. *Ann. Fals. Fraudes*, 1954, 541, p. 3.
28. Ribéreau-Gayon (P.). — Contrôle de la fermentation malo-lactique des vins par chromatographie de partage. *C. R. Acad. Agr.* 1953, p. 807.
29. Schaelderle (D.) et Hasselmann (M.). — Application de la réaction d'Eegrive au dosage de l'acide lactique dans le vin. *Bull. Soc. Pharm.* Strasbourg, 1961, t. IV, n° 2, p. 80.
30. Schanderl (H.). — Die Mikrobiologie des Weines, 1943, p. 107.
31. Shenker et Rieman. — Dosage de l'acide malique du vin par résines échangeuses d'ions. *Analytical Chemistry*, 1953, 25, p. 815.
32. Tronchot (R.). — Thèse pour obt. dipl. étud. sup. Géographie. Caen, 1947, p. 8.
33. Vivier (R.) et Picard (H.). — Bourgueil et son canton. Edit. Arrault, Tours, 1936, p. 3.
34. Union nationale des œnologues. — Fiche tech. A. 1. *Bull. n°* 16, oct. et nov. 1964.
35. Ulrich (R.). — La vie des fruits. Edit. Masson, Paris, 1952, p. 247.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I. — LA RÉGION DE BOURGUEIL 9

A. — *Limites géographiques* 9

B. — *Nature et formation du sol* 10

C. — *Climat* 11

CHAPITRE II. — LE VIGNOBLE 13

A. — *Origine du cépage* 13

B. — *Aire de production du cépage* 13

C. — *Pratique culturale* 14

D. — *Vinification* 15

CHAPITRE III. - LA FERMENTATION MALO-LACTIQUE ... 17

A. — *Introduction* 17

B. — *Historique* 17

C. — *Répercussions de la fermentation malo-lactique sur les vins* 18

CHAPITRE IV. — LA FERMENTATION MALO-LACTIQUE DANS LE VIN DE BOURGUEIL 20

A. — *Techniques actuelles de dosage des acides organiques des vins et techniques de contrôle de la fermentation malo-lactique* 20

1° Méthodes chimiques 20

2° Méthodes physico-chimiques 21

B. — *Recherche d'une méthode qualitative et quantitative, sûre, rapide, facilement réalisable* 22

1° Technique Michod. 22

2° Technique Ribéreau-Gayon 23

3° Technique adoptée 24
— Mode opératoire 24
— Contrôle de la valeur de la méthode 26
— Essai d'évaluation quantitatif 32

C. — *L'acide malique dans le vin de Bourgueil* 32
1° Au cours de la croissance et de la maturation du raisin ... 39
2° Pendant la fermentation alcoolique 47
3° Au cours de l'élevage et de la conservation des vins..... 51

CONCLUSIONS 56

BIBLIOGRAPHIE 58

Imprimé en France. — Imprimerie JOUVE, 15, rue Racine, PARIS
Dépôt légal : 4e trimestre 1965